



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 15 282 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 01 N 27/416  
F 02 D 41/00

21 Aktenzeichen: 100 15 282.1  
22 Anmeldetag: 28. 3. 2000  
43 Offenlegungstag: 2. 11. 2000

30 Unionspriorität:

P HEI 11-86335 29. 03. 1999 JP  
P HEI 11-220254 03. 08. 1999 JP

71 Anmelder:

Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

72 Erfinder:

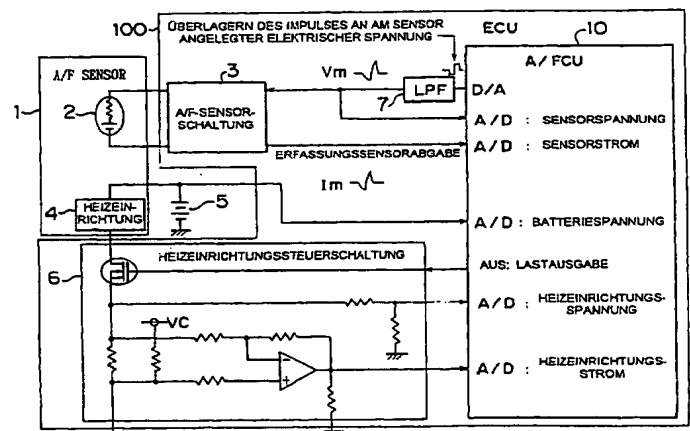
Ikeda, Shinji, Toyota, Aichi, JP; Suzuki, Yusuke,  
Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Sauerstoffkonzentrationserfassungseinrichtung und Verfahren zum verwenden derselben

57 Eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung hat einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1), eine Heizeinrichtung (4), die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) erwärmt, eine Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10), die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung (4) derart liefert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) eine Aktiviertemperatur erreicht, und eine Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung (10), die eine Temperatur von einem Element (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) erfasst. Die Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) erfasst eine Abnahmerate der Temperatur des Elementes (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) auf der Grundlage der Temperatur, die durch die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung (10) erfasst worden ist, und bestimmt, dass das Sensorelement größer als ein Referenzwert ist. Die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung (10) kann die Sensorelementtemperatur auf der Grundlage einer Impedanz des Elementes erfassen. Die Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) kann die Lieferung von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4) verhindern, wenn bestimmt worden ist, dass das Sensorelement (2) befeuchtet ist. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) kann in einer Abgasleitung eines Motors vorgesehen sein.



DE 100 15 282 A 1

DE 100 15 282 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung und auf ein Verfahren für ein Verwenden der Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung.

Gemäß einer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung von Motoren in der jüngsten Vergangenheit sind ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor und ein Katalysator in dem Abgassystem des Motors angeordnet, und eine Regelung wird derart ausgeführt, dass ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erfasst wird, einem Ziel-Luft-Kraftstoff-Verhältnis wie beispielsweise ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis gleich wird, wobei dies unter Hinblick auf ein Reinigen der maximal möglichen Mengen an in dem Abgas enthaltenen schädlichen Substanzen (wie beispielsweise HC, CO, NO<sub>x</sub> und dergleichen) mittels des Katalysators geschieht. Für den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der  $\lambda$ -Art (der als O<sub>2</sub>-Sensor bezeichnet ist) verwendet. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der  $\lambda$ -Art hat eine Z-Charakteristik, um auf der Grundlage einer Konzentration an in dem von dem Motor abgegebenen Abgas enthaltenen Sauerstoff zu bestimmen, ob ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases von dem Motor fett oder mager ist.

Alternativ wird für den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor ein Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart für ein Ausgeben eines Grenzstromes, der proportional zu der Konzentration an in dem von dem Motor ausgegebenen Abgas enthaltenen Sauerstoff ist, verwendet. Das Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart erfasst das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases von dem Motor aus einer Konzentration des Sauerstoffs über einen breiten Bereich und linear. Das Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart ist in Bezug auf eine Verbesserung der Genauigkeit der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelung und beim Ausführen einer derartigen Regelung wirkungsvoll, bei der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases bei dem Motor einem Ziel-Luft-Kraftstoff-Verhältnis über einen breiten Bereich gleich wird, der sich über ein fettes, ein stöchiometrisches und ein mageres Luft-Kraftstoff-Verhältnis erstreckt.

Um die Genauigkeit beim Erfassen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses aufrecht zu erhalten, ist es unerlässlich, den vorstehend erwähnten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor, d. h. den O<sub>2</sub>-Sensor oder das Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart, in einem aktivierten Zustand zu halten. Normalerweise wird, sobald der Motor gestartet worden ist, eine an dem O<sub>2</sub>-Sensor oder an dem Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart angebrachte Heizeinrichtung mit elektrischer Energie beliefert, wodurch der Sensor oder das Erfassungselement erwärmt wird und in einem frühzeitigen Zustand aktiviert wird. Somit wird, um einen aktivierten Zustand des Sensors oder des Erfassungselementes aufrecht zu erhalten, eine Wärmeübertragungssteuerung ausgeführt.

Gemäß einer Heizeinrichtungs-Steuervorrichtung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, die in der offengelegten Japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 8-278 279 offenbart ist, wird während einer Anfangsübertragungszeitspanne für eine Heizeinrichtung die gesamte elektrische Energie, d. h. die elektrische Energie mit einem Leistungsverhältnis von 100% zu der Heizeinrichtung geliefert, um ein Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors frühzeitig zu aktivieren, bis die Heizeinrichtung eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat. Wenn die Heizeinrichtung die vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie entspre-

chend der Temperatur der Heizeinrichtung zu der Heizeinrichtung geliefert. Wenn das Sensorelement eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie entsprechend der Temperatur des Elementes des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors zu der Heizeinrichtung geliefert.

Jedoch sammelt sich bei der Heizeinrichtungs-Steuervorrichtung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, die in der offengelegten Japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 8-278 279 offenbart ist und vorstehend erwähnt ist, zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors Wasser, das in einem in der Abgasleitung stromabwärtig vorgesehenen Katalysator kondensiert ist, entweder an einem Bodenabschnitt der Abgasleitung an oder haftet an einer Wandfläche der Abgasleitung oder eines Abgasrohres. Wenn das Abgassystem während des Kaltstarts des Motors nicht erwärmt worden ist, trifft das kondensierte Wasser mit dem Abgas zusammen, spritzt umher und tritt durch kleine Löcher in einer Schutzabdeckung, die an dem Abgasrohr angebracht ist, um so den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor zu umgeben, der stromabwärtig von dem Katalysator in dem Abgasrohr oder in der Abgasleitung angeordnet ist. Somit wird das Sensorelement in der Schutzabdeckung befeuchtet und abgeschreckt, so dass ein Temperaturunterschied zwischen der Heizeinrichtung und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor plötzlich zunimmt. Als ein Ergebnis kann dieses Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors aufgrund des Thermoschocks Risse erhalten. Demgemäß ist es, um zu verhindern, dass das Element aufgrund des Thermoschocks Risse erhält, von Bedeutung, einen Befeuchtungszustand des Sensorelementes zu erfassen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Genauigkeit beim Erfassen eines feuchten Zustandes eines Sensorelementes zu verbessern.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung zu schaffen, die verhindert, dass ein Element eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors aufgrund des Thermoschocks Risse erhält, wobei der Thermoschock von der Befeuchtung des Elementes des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors herrührt, wenn der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor während oder vor dem Motorstartvorgang vorgewärmt wird.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat ein beispielhaftes Ausführungsbeispiel einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor, eine Heizeinrichtung, die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erwärmt, und eine Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung, die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung derart liefert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor eine Aktivierungstemperatur erreicht, und ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung eine Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung aufweist, die eine Temperatur von dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors erfasst, und wobei die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung eine Rate der Abnahme der Temperatur von dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors auf der Grundlage der Temperatur des Elementes, die durch die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung erfasst wird, erfasst und die Lieferung an elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung so steuert, dass ein Thermoschock des Elementes gedämpft wird, wenn die Rate der Abnahme der Temperatur des Elementes größer als ein Referenzwert ist.

Wenn eine Feuchtigkeit oder ein Benetzen erfasst worden ist, steuert die Steuereinrichtung die Lieferung von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung, um so einen Thermoschock zu dämpfen.

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird bei dem Erfassen eines Benetzens des Sensorelementes

die Lieferung an elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung so gesteuert, dass ein Thermoschock gedämpft wird. Daher wird verhindert, dass die Heizeinrichtung plötzlich erwärmt wird. Somit wird verhindert, dass das Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors aufgrund eines Thermoschocks Risse erhält, wobei der Thermoschock von einem plötzlichen Anstieg des Temperaturunterschiedes zwischen der Heizeinrichtung und dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors herrührt.

Bei dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung so gestaltet sein, dass sie eine Temperatur von dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors auf der Grundlage einer Impedanz von dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors erfasst.

Bei dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Heizeinrichtungssteuerung so aufgebaut sein, dass verhindert wird, dass die Heizeinrichtung mit elektrischer Energie beliefert wird, wenn bestimmt worden ist, dass das Sensorelement befeuchtet worden ist.

Bei dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor in einer Abgasleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet sein.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat ein beispielartiges Ausführungsbeispiel einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor, der in einem Abgasrohr eines Verbrennungsmotors vorgesehen ist, eine Heizeinrichtung, die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erwärmt, und eine Heizeinrichtungssteuerung, die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung derart liefert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor eine Aktivierungstemperatur erreicht. Die Steuereinrichtung sagt vorher, ob ein Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors befeuchtet sein kann, und schränkt die zu der Heizeinrichtung gelieferte elektrische Energie ein, wenn vorhergesagt worden ist, dass das Sensorelement befeuchtet sein kann.

Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird, wenn vorhergesagt worden ist, dass das Sensorelement befeuchtet sein kann, die zu der Heizeinrichtung gelieferte elektrische Energie begrenzt. Daher wird verhindert, dass das Element aufgrund eines Thermoschocks Risse erhält.

Bei dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Vorhersage darauf gegründet sein, dass bestimmt wird, ob Wasser sich an einer Wandfläche des Abgasrohres befindet.

Bei dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung eine Strömungsratesteuereinrichtung haben, die eine Strömungsrate des Abgases bei dem Verbrennungsmotor verringert, wenn bestimmt worden ist, dass das Sensorelement befeuchtet sein kann.

Da die Strömungsrate des Abgases somit verringert ist, wird verhindert, dass das an der Wandfläche des Abgasrohres anhaftende Wasser umher spritzt. Als ein Ergebnis wird verhindert, dass das Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors befeuchtet wird, wodurch die Wahrscheinlichkeit eines Rissebildens an dem Element aufgrund eines Thermoschocks verringert wird.

Bei dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Steuereinrichtung auf der Grundlage einer Temperatur des Abgasrohres bestimmen, ob sich Wasser an der Wandfläche der Abgasleitung oder des Abgasrohres befindet oder nicht.

Da sich bei diesem Aufbau Wasser an der Wandfläche des Abgasrohres befindet, da Wasserdampf in dem Abgasrohr kondensiert, wird die Bestimmung auf der Grundlage der

Temperatur des Abgasrohres ausgeführt. Somit wird die Genauigkeit beim Erfassen, ob Wasser sich an der Wandfläche des Abgasrohres befindet oder nicht, erhöht.

Die vorliegende Erfindung schafft ebenfalls Verfahren zum Dämpfen eines Thermoschocks von einem Element eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, der sich in einer Abgasleitung eines Motors wie beispielsweise eines Verbrennungsmotors befindet.

Die vorstehend erwähnten und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlicher.

Fig. 1 zeigt eine schematische Aufbauansicht einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors der Becherart.

Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors der Schichtart.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Heizeinrichtungs-Steueroutine.

Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Heizeinrichtungssteuerung auf der Grundlage eines oberen Grenzwiderstandes einer Heizeinrichtung.

Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Heizeinrichtungssteuerung zum Zeitpunkt des Motorstartens.

Fig. 7 zeigt eine Elementtemperatur gegenüber einer Sensorelementimpedanz.

Fig. 8 zeigt die Veränderung der Elementtemperatur zum Zeitpunkt des Motorstartens.

Fig. 9 zeigt einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eingebaut ist.

Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Heizeinrichtungs-Steueroutine gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Abgasleitungs-Temperaturberechnungsroutine gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 12 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Vorwärmsteuerroutine eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors.

Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm einer beispielartigen Vorwärmsteuerroutine eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei einem Motor mit einer elektronischen Drossel.

Fig. 14 zeigt das Verhältnis zwischen der Abgasrohrtemperatur und einem Drosselöffnungsgradschutzwert.

Fig. 15 zeigt das Verhältnis zwischen der Abgasrohrtemperatur und einem Korrekturfaktor in Bezug auf die Veränderung der Fahrzeuggeschwindigkeit.

Nachstehend sind die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen detailliert beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau von einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In den anderen Zeichnungen sind gleiche Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor ( $\lambda/F$ -Sensor) 1, der ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Abgases von einem (nicht gezeigten) Verbrennungsmotor erfasst, ist in einer Abgasleitung des Motors angeordnet und hat ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensorelement (das nachstehend als das "Sensorelement" bezeichnet ist) 2 und eine Heizeinrichtung 4. Eine elektrische Spannung ist an dem Sensorelement 2 von einer Luft-Kraft-

stoff-Verhältnis-Sensorschaltung (die nachstehend als die "Sensorschaltung" bezeichnet ist) 3 angelegt und eine Stromstärke wird zu der Heizeinrichtung 4 von einer Batterie 5 über eine Heizeinrichtungs-Steuerschaltung 6 geliefert. Die Sensorschaltung 3 nimmt eine analog eingepreßte Spannung von einer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuereinheit (A/FCU) 10 über einen Tiefpass-Filter (LPF) 7 auf und legt die Spannung an dem Sensorelement 2 an.

In Kombination mit der Sensorschaltung 3, der Heizeinrichtungs-Steuerschaltung 6 und des LPF 7, bildet die A/FCU 10 einen Teil einer elektronischen Steuereinheit (ECU) 100. Nachdem in einem D/A-Wandler gespeicherte digitale Daten in eine Rechteck-Analogspannung umgewandelt worden sind, gibt die A/FCU 10 die Analogspannung zu der Sensorschaltung 3 über den LPF 7 aus. Der LPF 7 gibt ein geglättetes Signal aus, das durch ein Entfernen der Hochfrequenzkomponenten von einem Rechteck-Analogspannungssignal erhalten wird, wodurch verhindert wird, dass ein Abgabestrom des Sensorelementes 2 fehlerhaft aufgrund einer Hochfrequenzstörung erfasst wird. Beim Aufbringen des geglätteten Signals an dem Sensorelement 2 erfasst die A/FCU 10 einen elektrischen Strom, der durch das Sensorelement 2 proportional zu einer Konzentration an Sauerstoff in dem erfassten Gas, d. h. dem Abgas, fließt, und eine elektrische Spannung, die an dem Sensorelement 2 in diesem Augenblick angelegt ist. Zum Zwecke des Erfassens des elektrischen Stroms und der elektrischen Spannung hat die A/FCU 10 A/D-Wandler. Diese A/D-Wandler empfangen von der Sensorschaltung 3 eine analoge Spannung entsprechend einem elektrischen Strom, der durch das Sensorelement 2 fließt, und eine elektrischen Spannung, die an dem Sensorelement 2 angelegt ist, und wandeln diese in digitale Daten um.

Wenn das Sensorelement 2 nicht aktiviert ist, ist es nicht möglich, einen Abgabewert von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 für eine Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuereinheit zu verwenden. Folglich liefert zum Zeitpunkt des Motorstartens die A/FCU 10 elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 4, die in dem Sensorelement 2 eingebaut ist, von der Batterie 5, und bewirkt, dass ein elektrischer Strom durch die Heizeinrichtung 4 fließt, womit das Sensorelement 2 aktiviert wird. Nachdem das Sensorelement 2 aktiviert worden ist, liefert die A/FCU 10 elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 4, um so den aktivierten Zustand des Sensorelementes 2 aufrecht zu erhalten. Eine elektrische Spannung der Batterie 5 wird in digitale Daten durch einen in der A/FCU 10 vorgesehenen A/D-Wandler umgewandelt.

Somit wird in Hinblick auf den Umstand, dass der Widerstand des Sensorelementes 2 sich in Übereinstimmung mit seiner Temperatur ändert, d. h. der Widerstand des Sensorelementes 2 nimmt in Übereinstimmung mit einer Zunahme der Sensorelementtemperatur ab, eine elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 4 derart geliefert, dass der Widerstand des Sensorelementes 2 einem Widerstand gleich wird, der einer Temperatur für ein Aufrechterhalten eines aktivierten Zustandes des Sensorelementes 2 entspricht. Beispielsweise kann der Widerstand ungefähr  $30\ \Omega$  sein. Dadurch kann die Temperatur des Sensorelementes 2 so gesteuert werden, dass sie bei einem gewählten Wert, beispielsweise bei  $700^\circ\text{C}$ , gehalten wird. Die Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuereinheit (A/FCU) 10 hat des Weiteren einen A/D-Wandler. Dieser A/D-Wandler empfängt analoge Spannungen entsprechend einer elektrischen Spannung und einem elektrischen Strom der Heizeinrichtung 4 von der Heizeinrichtungs-Steuerschaltung 6 für ein Erwärmen des Sensorelementes 2 und wandelt die analogen Spannungen in digitale Daten um. Diese digitalen Daten werden beispielsweise zum Berechnen eines Widerstandswertes der Heizeinrich-

tung 4 verwendet. Elektrische Energie, die einem Betriebszustand des Motors entspricht, wird zu der Heizeinrichtung 4 auf der Grundlage des berechneten Widerstandswertes geliefert. Dann wird die Temperatur der Heizeinrichtung 4 so gesteuert, dass eine übermäßige Zunahme der Temperatur (OT: Übertemperatur) der Heizeinrichtung 4 verhindert wird. Bei einigen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird ein Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 verwendet. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf einen derartigen Sensor beschränkt und sie kann ebenfalls bei einem Ausführungsbeispiel verwendet werden, bei dem ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der  $\lambda$ -Art (der als ein  $\text{O}_2$ -Sensor bezeichnet ist), der eine Z-Charakteristik hat, um zu bestimmen, ob das Luft-Kraftstoff-Verhältnis fett oder mager ist, als der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 verwendet wird.

Die Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuereinheit (A/FCU) 10 hat eine CPU, einen ROM, einen RAM, einen B-RAM (Batteriesicherung), einen Eingangsanschluss, einen Ausgangsanschluss, A/D-Wandler und einen D/A-Wandler, die miteinander beispielsweise durch einen bidirektionalen Bus verbunden sind. Die A/FCU 10 führt eine Heizeinrichtungssteuerung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 der vorliegenden Erfindung aus, die nachstehend beschrieben ist. Ein (nicht gezeigter) Kühlmitteltemperatursensor für ein Erfassen einer Kühlmitteltemperatur THW des Motors ist mit einem der A/D-Wandler in der A/FCU 10 verbunden. Die CPU liest üblicherweise die Kühlmitteltemperatur THW in Abständen einer vorbestimmten Zeitspanne.

Der Grund, weshalb das Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors zum Zeitpunkt eines Kaltstarts bei bekannten Vorrichtungen Risse erhält, wird nachstehend unter Bezugnahme auf zwei unterschiedliche Arten an Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren beschrieben, die als Beispiele dienen.

Fig. 2 zeigt einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der Becherart. Der Sensor hat einen Sensorkörper 20 mit einer Diffusionswiderstandslage 21 mit einer Becherform im Querschnitt. Die Diffusionswiderstandslage 21 ist an einem Öffnungsende 21a von ihr an einem Montagelochabschnitt einer Abgasleitung 27 des Motors sicher eingepasst. Die Diffusionswiderstandslage 21 ist beispielsweise aus einer Plasmasprühbeschichtung  $\text{ZrO}_2$  oder dergleichen ausgebildet.

Der Sensorkörper 20 hat eine Festelektrolytlage 22, die an einer Innenumfangswand der Diffusionswiderstandslage 21 über eine Abgasseitenelektrodenlage 23 mit einer Becherform im Querschnitt durch eine Sauerstoffionen-Leitsinterdiode gleichmäßig eingepasst und daran befestigt ist. Eine Umgebungsseitenelektrodenlage 24 mit einer Becherform im Querschnitt ist gleichmäßig an der Innenfläche der Festelektrolytlage 22 angeheftet. Bei diesem Aufbau sind sowohl die Abgasseitenelektrodenlage 23 als auch die Umgebungsseitenelektrodenlage 24 ausgebildet, indem ein Edelmetall mit einer hohen katalytischen Wirkung wie beispielsweise Platin (Pt) einem chemischen Plattieren oder dergleichen unterworfen wird, um eine ausreichende Porosität zu erzielen. Die Abgasseitenelektrode 23 hat eine Fläche von ungefähr 10 bis  $100\ \text{mm}^2$  und eine Dicke von ungefähr 0,5 bis  $2,0\ \mu\text{m}$ . Die Umgebungsseitenelektrode 24 hat eine Fläche von  $10\ \text{mm}^2$  oder mehr und eine Dicke von ungefähr 0,5 bis  $2,0\ \mu\text{m}$ . Der Sensorkörper 20 ist von einer Schutzabdeckung 28 umgeben. Die Schutzabdeckung 28 sieht eine Wärmeisolation des Sensorkörpers 20 vor, während verhindert wird, dass der Sensor 20 direkt mit dem Abgas in Kontakt gelangt. Die Schutzabdeckung 28 hat eine Vielzahl an kleinen Löchern, die eine Verbindung zu dem

Inneren und dem Äußeren der Abdeckung ermöglichen.

Zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors muss eine beachtliche elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 26 geliefert werden, um so den Sensorkörper 20 in einem frühzeitigen Zustand zu erwärmen. Daher liefert gemäß dem Stand der Technik die Batterie 5 elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 26 mit einem Leistungsverhältnis von 100%. Wasser, das an einem Katalysator kondensiert ist, der stromabwärtig in dem Abgasrohr 27 vorgesehen ist, sammelt sich an einem Bodenabschnitt des Abgasrohres 27 an oder haftet an einer Wandfläche des Abgasrohres. Wenn das Abgassystem nicht zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors erwärmt worden ist, spritzt das kondensierte Wasser mit dem Abgas zusammen und tritt durch die kleinen Löcher der Schutzabdeckung 28, wodurch der Sensorkörper 20 abgeschreckt wird. Folglich wird das Element des Sensorkörpers 20 rissig.

Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors der Schichtart. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der Schichtart ist stromabwärtig von einem (nicht gezeigten) Katalysator in dem Abgasrohr angeordnet. Ein Sensorkörper 30 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors der Schichtart ist ausgebildet, indem eine aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bestehende poröse Diffusionswiderstandslage 31, eine aus  $\text{ZrO}_2$  bestehende Festelektrolytlage 32, eine zwischen der Widerstandslage 31 und der Elektrolytlage 32 zwischengeordnete Abgasseitenelektrodenlage 33, eine der Umgebungsluftseite der massiven Elektrolytlage 32 zugewandte Umgebungsluftseitenelektrodenlage 34 und eine Abschirm-lage 35, die aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht und so vorgesehen ist, dass sie der Abgasseite zugewandt ist, um die Wärmeisolation des Sensorkörpers 20 sicherzustellen, schichtartig ausgebildet sind. Sowohl die Abgasseitenelektrodenlage 33 als auch die Umgebungsluftseitenelektrodenlage 34 sind ausgebildet, indem ein Edelmetall mit einer hohen katalytischen Wirkung, wie beispielsweise Platin (Pt), einem chemischen Plattieren oder dergleichen unterworfen wird, um eine ausreichende Porosität zu erzielen. Der Sensorkörper 30 hat eine Schadstoffanglage 36, die die vorstehend erwähnten jeweiligen Lagen umgibt. Die Schadstoffanglage 36 fängt in dem Abgas enthaltene schädliche Bestandteile. Der Sensorkörper 30 hat eine Heizeinrichtung 38, die aus Pt an einem Heizeinrichtungssubstrat 37 besteht. Das Heizeinrichtungssubstrat 37 ist an einer Leitung 39 angebracht, die ebenfalls aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht. Die Leitung 39 stützt einen Schichtkörper des Sensorkörpers 30 über ein Umgebungslufteinführloch 40, das mit der Umgebungsluft in Verbindung steht, und ist an einem Abgasrohr 41 befestigt. Der Sensorkörper 30 ist durch eine Schutzabdeckung 42 umgeben. Die Schutzabdeckung 42 sieht eine Wärmeisolation des Sensorkörpers 30 vor, während verhindert wird, dass der Sensorkörper 30 direkt mit dem Abgas in Kontakt gelangt. Die Schutzabdeckung 42 hat eine Vielzahl an kleinen Löchern, die eine Verbindung zwischen dem Inneren und dem Äußeren der Abdeckung ermöglichen.

Zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors muss eine beachtliche elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 38 geliefert werden, um so den Sensorkörper 30 bei einem frühzeitigen Zustand zu erwärmen. Daher liefert gemäß dem Stand der Technik die Batterie 5 elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 38 bei einem Leistungsverhältnis von 100%. In einem Katalysator, der stromabwärtig in der Abgasleitung 41 vorgesehen ist, sammelt sich kondensiertes Wasser an einem Bodenabschnitt des Abgasrohres 41 oder haftet an einer Wandfläche des Abgasrohres an. Wenn das Abgassystem zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors nicht erwärmt worden ist, spritzt das kondensierte Wasser mit dem Abgas zusammen und tritt durch die kleinen Löcher der

Schutzabdeckung 42, wodurch der Sensorkörper 30 abgeschreckt wird. Folglich wird das Element des Sensorkörpers 30 rissig.

Um zu verhindern, dass die unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschriebenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren zum Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors Risse erhalten, wird gemäß der vorliegenden Erfindung das Benetzen des Sensorelementes erfasst, und eine Steuerung der Heizeinrichtung 4 wird ausgeführt, um so zu verhindern, dass ein elektrischer Strom über die Heizeinrichtung 4 fließt. Dies wird nachstehend beschrieben.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm von einem Ausführungsbeispiel einer Heizeinrichtungssteuerroutine. Der Ablauf bei dieser Routine und der in den Fig. 5 und 6 gezeigten Flussdiagramme wird in Abständen einer vorbestimmten Zeit-spanne von beispielsweise 64 ms ausgeführt. Zunächst wird bei Schritt 401 bestimmt, ob ein (nicht gezeigter) Zündschalter IGSW eingeschaltet ist oder nicht. Wenn der IGSW eingeschaltet ist, geht der Vorgang zu Schritt 402 weiter. Wenn der IGSW ausgeschaltet ist, wird diese Routine beendet.

Die Abläufe bei den Schritten 402 bis 412 werden nachstehend beschrieben. Für eine frühzeitige Aktivierung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 beginnt die Batterie 5 mit dem Zuführen von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung 4, und die in Übereinstimmung mit der Leistungssteuerung zum Zeitpunkt des Startens des Motors eingestellte elektrische Energie wird zu der Heizeinrichtung 4 geliefert, bis die Temperatur der Heizeinrichtung eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat (Motorstart-Laststeuerung). Wenn die Temperatur der Heizeinrichtung die vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie entsprechend der Temperatur der Heizeinrichtung zu der Heizeinrichtung 4 geliefert (Heizeinrichtungs-Obergrenzwert-Widerstand-F/B-Steuerung). Wenn die Temperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie für ein Aufrechterhalten eines aktivierten Zustandes des Sensorelementes 2 in Übereinstimmung mit einer Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 zu der Heizeinrichtung 4 geliefert (Elementtemperatur-F/B-Steuerung).

Bei Schritt 402 wird eine Element-Gleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 berechnet. Die Impedanz  $Z_{dc}$  wird berechnet, indem eine elektrische Stromstärke  $I_{neg}$  zum Zeitpunkt des Anlegens einer negativen Spannung  $V_{neg}$  an das Sensorelement 2 in Übereinstimmung mit der folgenden Formel erfasst wird:  $Z_{dc} = V_{neg}/I_{neg}$ . Im Allgemeinen nimmt die Elementgleichstromimpedanz in Übereinstimmung mit einem Anstieg der Temperatur des Elementes ab. Wenn beispielsweise das Sensorelement 2 eine Aktivierungstemperatur von  $700^\circ\text{C}$  hat, beträgt die Elementgleichstromimpedanz  $30\ \Omega$ .

Es wird bei Schritt 403 bestimmt, ob eine Aktivierungsmarke F1 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 gesetzt worden ist oder nicht. Wenn  $F1 = 1$  der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 404 weiter, bei dem die nachstehend beschriebene Elementtemperatur-F/B-Steuerung ausgeführt wird. Wenn  $F1 = 0$  der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 405 weiter.

Bei Schritt 405 wird auf der Grundlage der Elementgleichstromimpedanz bestimmt, ob das Sensorelement 2 aktiviert worden ist oder nicht. Das heißt, wenn  $Z_{dc} \leq 30\ \Omega$  ist (NEIN bei Schritt 405), wird bestimmt, dass das Sensorelement 2 aktiviert worden ist, und die Aktivierungsmarke F1 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 wird auf 1 bei Schritt 406 gesetzt. Die Elementtemperatur-F/B-Steuerung wird dann bei Schritt 404 ausgeführt. Wenn  $Z_{dc} > 30\ \Omega$  ist (JA bei Schritt 405), wird bestimmt, dass das Sensorelement

2 nicht aktiviert worden ist, und der Vorgang geht zu Schritt 407 weiter, bei dem eine Heizeinrichtungssteuerung für ein Aktivieren des Sensorelementes 2 ausgeführt wird. Die Marke F1 wird durch ein Signal in der Form eines Einzelimpulses zurückgesetzt, wenn der Zündschalter IGSW aus dem ausgeschalteten Zustand eingeschaltet wird.

Bei Schritt 407 werden eine an der Heizeinrichtung 4 angelegte elektrische Spannung  $V_n$  und eine durch die Heizeinrichtung 4 fließende elektrische Stromstärke  $I_n$  erfasst.

Bei Schritt 408 wird ein Widerstand  $R_h$  der Heizeinrichtung 4 gemäß der folgenden Formel berechnet:  $R_h = V_n / I_n$ .

Es wird bei Schritt 409 bestimmt, ob die Temperatur der Heizeinrichtung oberhalb einer oberen Heizeinrichtungs-Grenzwerttemperatur wie beispielsweise  $1020^\circ\text{C}$  ist oder nicht, die um eine vorbestimmte Temperatur niedriger als eine Wärmewiderstands-Grenzwerttemperatur wie beispielsweise  $1200^\circ\text{C}$  ist. Wenn das Ergebnis bei Schritt 409 JA ist, geht der Vorgang zu Schritt 410 weiter, bei dem eine Leistungssteuerung (Laststeuerung oder Zyklussteuerung) für ein Zuführen der maximal möglichen elektrischen Leistung zu der Heizeinrichtung 4 ausgeführt wird. Wenn das Ergebnis bei Schritt 409 NEIN ist, geht der Vorgang zu Schritt 411 weiter, bei dem eine Steuerung für ein Aufrechterhalten der Heizeinrichtungs-Obergrenzwerttemperatur von  $1020^\circ\text{C}$  für die Heizeinrichtung 4 ausgeführt wird. Der Ablauf bei Schritt 410 und Schritt 411 wird nachstehend detailliert unter Bezugnahme auf die Fig. 6 bzw. 5 beschrieben. Die Heizeinrichtungs-Obergrenzwerttemperatur wird nicht auf die Wärmewiderstands-Grenzwerttemperatur eingestellt, da die Widerstands-Temperatur-Kennlinie der Heizeinrichtung 4 unbeständig ist. Unter Anwendung eines Mittelwerts von Streuwerten wird bestimmt, dass der Widerstand  $R_h$  der Heizeinrichtung in Übereinstimmung mit der Heizeinrichtungs-Obergrenzwerttemperatur  $1020^\circ\text{C}$   $2,1 \Omega$  beträgt. Wenn die Heizeinrichtungssteuerung so ausgeführt wird, dass der Widerstand der Heizeinrichtung gleich  $2,1 \Omega$  wird, verbleibt die Streuung der Temperaturwerte der Heizeinrichtung innerhalb eines Bereiches von  $870$ – $1200^\circ\text{C}$ , und die Temperatur der Heizeinrichtung überschreitet die Wärmewiderstands-Grenztemperatur der Heizeinrichtung 4 nicht.

Bei Schritt 412 wird eine elektrische Spannung der Batterie 5 an der Heizeinrichtung in Übereinstimmung mit einem Leistungsverhältnis (DUTY) angelegt, das bei Schritt 410 oder Schritt 411 eingestellt worden ist. Was die vorstehend erwähnte Leistungssteuerung betrifft, so wird angenommen, dass der Vorgang des Anlegens einer elektrischen Spannung der Batterie 5 an der Heizeinrichtung 4 in Abständen von beispielsweise 100 ms eingeschaltet und ausgeschaltet wird. Wenn in diesem Fall die Leistungsverhältnisse 20% beträgt, beträgt die Einschaltzeitspanne 20 ms, und die Ausschaltzeitspanne beträgt 80 ms. Wenn das Leistungsverhältnis 50% beträgt, beträgt die Einschaltzeitspanne 50 ms und die Ausschaltzeitspanne beträgt 50 ms. Wenn das Leistungsverhältnis 100% beträgt, beträgt die Einschaltzeitspanne 100 ms. In dieser Weise wird die elektrische Spannung der Batterie 5 an der Heizeinrichtung 4 angelegt. Nachstehend wird der Ablauf bei Schritt 411 in Fig. 4 detailliert unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschrieben.

Fig. 5 zeigt eine Heizeinrichtungssteuerung auf der Grundlage eines oberen Grenzwiderstandes der Heizeinrichtung. Zunächst wird bei Schritt 501 bestimmt, ob eine Heizeinrichtungs-Elektroenergiesteuermarke F2, die anzeigt, ob die Heizeinrichtungs-Elektroenergiesteuerung ausgeführt worden ist, gesetzt worden ist oder nicht. Wenn  $F2 = F1$  der Fall ist, geht der Ablauf zu Schritt 502 weiter. Wenn  $F2 = 0$  der Fall ist, geht der Ablauf zu Schritt 503 weiter, bei dem ein Ausgangsleistungsverhältnis der Heizeinrichtungs-

Elektroenergiesteuerung auf 20% eingestellt wird, wobei es sich dabei um einen Wert handelt, der so ausgewählt worden ist, dass verhindert wird, dass sich die Temperatur der Heizeinrichtung zum Zeitpunkt eines Übergangs von der Heizeinrichtungs-Elektrospannungssteuerung zu der Heizeinrichtungs-Elektroleistungssteuerung plötzlich ändert. Danach wird bei Schritt 502 die Marke F2 gesetzt. Die Marke F2 wird durch ein Signal in der Form eines Einzelimpulses zurückgesetzt, wenn der Zündschalter IGSW aus einem ausgeschalteten Zustand eingeschaltet wird.

Um eine Steuerung für einen Schutz der Heizeinrichtung 4 vor einem anormalen Erwärmen aufgrund eines Anstiegs einer Abgastemperatur oder dergleichen bei einer plötzlichen Veränderung der Betriebsbedingungen des Motors auszuführen, wird bei Schritt 502 bestimmt, ob der Widerstand  $R_h$  der Heizeinrichtung  $> 2,5 \Omega$  ist oder nicht. Wenn  $R_h > 2,5 \Omega$  ist, geht der Vorgang zu Schritt 506 weiter. Wenn  $R_h \leq 2,5 \Omega$  ist, geht der Vorgang zu Schritt 505 weiter. Bei Schritt 506 wird gemäß der Formel:  $DUTY = DUTY - 10$  eine Berechnung ausgeführt, und ein neues DUTY-Verhältnis (Lastverhältnis oder Leistungsverhältnis) wird auf den berechneten Wert eingestellt. Wenn der Wert von DUTY zu einem negativen Wert geworden ist, wird er auf 0 eingestellt.

Bei Schritt 505 wird die elektrische Leistung der Heizeinrichtung  $W_h$  gemäß der folgenden Formel berechnet.

$$W_h = V_n \times I_n \times DUTY / 100$$

In dieser Formel sind mit  $V_n$  bzw.  $I_n$  die elektrische Spannung bzw. die elektrische Stromstärke bezeichnet, die jeweils bei Schritt 407 von Fig. 4 erfasst werden, und DUTY ist ein DUTY-Verhältnis (Lastverhältnis oder Leistungsverhältnis), das bei Schritt 503, 506, 508 oder 509 während der letzten Ablaufperiode eingestellt worden ist.

Bei Schritt 507 wird die elektrische Leistung  $W_h$  der Heizeinrichtung während der gegenwärtigen Ablaufperiode mit der Lieferleistung für die Heizeinrichtung von 21 W entsprechend der Wärmewiderstands-Grenzwerttemperatur  $1200^\circ\text{C}$  der Heizeinrichtung 4 verglichen. Wenn  $W_h \leq 21$  ist, wird bestimmt, dass die zu der Heizeinrichtung 4 gelieferte elektrische Energie geringer als eine angestrebte elektrische Energie ist, und der Vorgang geht zu Schritt 508 weiter. Bei Schritt 508 wird das Leistungsverhältnis um 3% erhöht (die Berechnung wird in Übereinstimmung mit einer Formel:  $DUTY = DUTY + 3$  ausgeführt), so dass die zu der Heizeinrichtung 4 gelieferte elektrische Leistung zunimmt. Wenn  $W_h > 21$  ist, wird bestimmt, dass die zu der Heizeinrichtung 4 gelieferte elektrische Energie größer als die angestrebte elektrische Energie ist, und der Vorgang geht zu Schritt 509 weiter. Bei Schritt 509 wird das Leistungsverhältnis um 3% verringert (die Berechnung wird in Übereinstimmung mit einer Formel  $DUTY = DUTY - 3$  ausgeführt), so dass die zu der Heizeinrichtung 4 gelieferte elektrische Leistung abnimmt.

Die Heizeinrichtungssteuerung wird auf der Grundlage des Wertes DUTY ausgeführt, der so eingestellt wird, wie dies vorstehend beschrieben ist, wodurch ein Ausführen einer Steuerung derart möglich ist, dass die zu der Heizeinrichtung 4 tatsächlich gelieferte elektrische Leistung der angestrebten elektrischen Leistung von 21 W gleich wird.

Nachstehend wird die Elementtemperatur-F/B-Steuerung beschrieben, die bei Schritt 404 ausgeführt wird.

Auf der Grundlage der bei Schritt 403 erfassten Elementgleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  wird das Leistungsverhältnis (DUTY) der an der Heizeinrichtung 4 angelegten elektrischen Spannung in Übereinstimmung mit den nachstehend dargelegten Gleichungen derart berechnet, dass die Ele-



mentgleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  30  $\Omega$  gleich wird, was einer Elementtemperatur von 700°C entspricht.

$DUTY = GP + GI + c$ ;

$GP = a(Z_{dc} - 30) \dots$  proportionaler Ausdruck und

$GI = GI + b(Z_{dc} - 30) \dots$  Integrationsausdruck.

Bei den vorstehend dargelegten drei Gleichungen sind a, b und c Konstanten, die beispielsweise 4,2, 0,2 bzw. 20 gleich sind. Indem die Heizeinrichtung 4 durch das somit berechnete Leistungsverhältnis gesteuert wird, kann die Elementgleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  auf einen Wert in der Nähe von 30  $\Omega$  eingestellt werden. Somit kann das Sensorelement stets in einem gut aktivierten Zustand gehalten werden, und es kann verhindert werden, dass das Sensorelement aufgrund eines übermäßigen Erwärmens beschädigt oder zerstört wird. Nachstehend wird der Ablauf von Schritt 410 bei Fig. 4 unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben.

Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm von einem Beispiel der Heizeinrichtungssteuerung zum Zeitpunkt des Startens des Motors. Zunächst wird eine Kühlmitteltemperatur THW des Motors bei Schritt 601 gelesen. Bei Schritt 602 wird eine Elementimpedanz des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors erfasst. Beim Erfassen der Elementimpedanz wird, obwohl eine Elementgleichstromimpedanz wie bei Schritt 402 in Fig. 4 erfasst werden kann, eine Elementwechselstromimpedanz in diesem Fall in der nachstehend beschriebenen Weise erfasst.

Normalerweise wird eine elektrische Spannung von beispielsweise 0,3 V an dem Sensorelement 2 angelegt, und eine Grenzstromstärke wird in Intervallen einer vorbestimmten Zeitspanne so erfasst, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases berechnet wird. Die Wechselstromimpedanz  $Z_{ac}$  wird berechnet, indem eine elektrische Spannung Vac und eine elektrische Stromstärke Iac des Sensorelementes 2 zum Zeitpunkt des Anlegens einer Impulsspannung von  $0,3 \pm 0,2$  V an dem Sensorelement 2 in Intervallen von beispielsweise 64 ms in Übereinstimmung mit einer Formel  $Z_{ac} = Vac/Iac$  erfasst werden. Im Allgemeinen nimmt die Wechselstromimpedanz des Elementes in Übereinstimmung mit einem Anstieg der Temperatur des Elementes ab. Beim Erfassen der Wechselstromimpedanz des Elementes besteht kein Bedarf an einem Anlegen einer negativen Spannung an dem Sensorelement 2 wie in dem Fall, bei dem eine Gleichstromimpedanz bei dem Element erfasst wird. Daher ist die Erfassung der Wechselstromimpedanz bei dem Element dahingehend vorteilhaft, dass die Steuerung vereinfacht werden kann.

Bei Schritt 603 wird die Temperatur  $T_i$  des Elementes des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors während der gegenwärtig ablaufenden Periode aus der Impedanz  $Z_{ac}$  des Sensorelementes, die bei Schritt 602 erfasst wird, auf der Grundlage, der in Fig. 7 gezeigten grafischen Darstellung berechnet.

Es wird bei Schritt 604 bestimmt, ob die Kühlmitteltemperatur THW, die bei Schritt 601 gelesen wird, niedriger als 0°C ist oder nicht. Wenn  $THW < 0^\circ C$  der Fall ist, wird bestimmt, dass der Motor sich im Kaltstartzustand befindet, und der Vorgang geht zu Schritt 605 weiter. Wenn  $THW \geq 0^\circ C$  der Fall ist, wird bestimmt, dass der Motor erwärmt worden ist, und dass das Sensorelement 2 nicht befeuchtet ist. Der Vorgang geht zu Schritt 606 weiter.

Bei Schritt 605 wird die Elementtemperatur  $T_i$ , die während der gegenwärtig ablaufenden Periode berechnet worden ist, von einer Elementtemperatur  $T_{i-1}$  subtrahiert, die während der letzten abgelassenen Periode berechnet worden

ist ( $\Delta T = T_{i-1} - T_i$ ). In dieser Formel ist mit  $\Delta T$  die Abnahme der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors pro Zeiteinheit bezeichnet. Es wird bei Schritt 607 bestimmt, ob der Subtraktionswert  $\Delta T > 5^\circ C$  ist oder nicht.

Wenn  $\Delta T > 5^\circ C$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement 2 befeuchtet worden ist, und der Vorgang geht zu Schritt 608 weiter. Wenn  $\Delta T \leq 5^\circ C$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement 2 nicht befeuchtet worden ist, und der Vorgang geht zu Schritt 606 weiter. Wenn der vorstehend erwähnte Differenzwert  $\Delta T$ , d. h. der Grad der Abnahme der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors pro Zeiteinheit größer als der Referenzwert  $5^\circ C$  ist, treten, wenn die gleiche elektrische Leistung wie während der zuletzt abgelassenen Periode zu der Heizeinrichtung 4 geliefert wird, Risse in dem Sensorelement aufgrund des Thermoschocks auf, der aus dem Benetzen des Sensorelementes 2 herrührt. Um das Auftreten von Rissen an dem Sensorelement 2 zu verhindern, wird ein Einstellen von  $DUTY = 0$  bei Schritt 608 ausgeführt. Da andererseits bestimmt worden ist, dass das Sensorelement 2 nicht befeuchtet worden ist, wird das Einstellen von  $DUTY = 100$  bei Schritt 606 ausgeführt, um so die gesamte elektrische Leistung zu der Heizeinrichtung 4 für eine frühzeitige Aktivierung des Sensorelementes 2 zuzuführen.

Wie dies unter Bezugnahme auf die Schritte 602 und 603 in Fig. 6 beschrieben worden ist, wird die Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors aus seiner Elementimpedanz berechnet. Jedoch kann für den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der Schichtart, da die Heizeinrichtung sich nahe zu dem Sensorelement befindet, die Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors abgeschätzt werden, indem der Widerstand der Heizeinrichtung erfasst wird und die Temperatur der Heizeinrichtung aus dem Widerstand der Heizeinrichtung berechnet wird.

Fig. 8 zeigt ein Ablaufdiagramm, in dem dargestellt ist, wie sich die Elementtemperatur zum Zeitpunkt des Motorstartvorgangs verändert. Wie dies in Fig. 8 gezeigt ist, nimmt, wenn das Sensorelement 2 zu einem Zeitpunkt  $t_1$ ,  $t_2$  oder  $t_3$  befeuchtet ist, die Temperatur des Sensorelementes 2 abrupt ab. Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung sind auf dieses Problem gestossen und haben eine Lösung von diesem Problem gefunden, die verhindert, dass elektrische Leistung zu der Heizeinrichtung 4 bei befeuchtem Sensorelement 2 geliefert wird, um so zu verhindern, dass Risse an dem Sensorelement aufgrund des Thermoschocks auftreten, indem der vorstehend erwähnte Ablauf der Schritte 605, 607 und 608 ausgeführt wird.

Bei Schritt 608 wird das Einstellen von  $DUTY = 0$  ausgeführt. Jedoch kann, solange elektrische Leistung, die nicht das Rissebilden an dem Sensorelement bei einer frühzeitigen Aktivierung des Sensorelementes 2 bewirkt, zu der Heizeinrichtung 4 geliefert wird, das Einstellen von beispielsweise  $DUTY = 20$  bei Schritt 608 ausgeführt werden.

Nachstehend wird der Ablauf der Schritte 609 bis 614 beschrieben. Bei den Schritten 609 bis 614 wird die Länge der Zeitspanne von dem Erfassen des Benetzens des Sensorelementes 2 bis zur Wiederherstellung der Laststeuerung oder Zyklussteuerung ( $DUTY$ ) während des normalen Motorstartvorgangs eingestellt. Es wird bei Schritt 609 bestimmt, ob eine Marke F3, die anzeigt, dass das Sensorelement 2 als befeuchtet bestimmt worden ist, gesetzt worden ist oder nicht. Wenn  $F3 = 1$  der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 610 weiter. Wenn  $F3 = 0$  der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 611 weiter. Da bei Schritt 607 bestimmt worden ist, dass das Sensorelement 2 befeuchtet ist, wird die Marke F3 bei Schritt 611 gesetzt.

Bei Schritt 610 wird ein Zählglied C für ein Messen der Länge einer Zeitspanne, die seit dem Setzen von  $F3 = 1$  ab-

gelaufen ist, nach oben gezählt ( $C = C + 1$ ). Es wird bei Schritt 612 bestimmt, ob 6400 ms, d. h. 6,4 Sekunden seit dem Setzen von  $F3 = 1$  abgelaufen sind oder nicht. Wenn das Ergebnis bei Schritt 612 JA ist, geht der Vorgang zu Schritt 613 weiter. Wenn das Ergebnis bei Schritt 612 NEIN ist, ist die vorliegende Routine beendet. Bei Schritt 613 wird die Marke  $F3$  gelöscht ( $F3 = 0$ ). Bei Schritt 614 wird das Zählglied  $C$  gelöscht ( $C = 0$ ).

Aufgrund der vorstehend erwähnten Abläufe der Schritte 609 bis 614 kann die normale Motorstart-Laststeuerung nach dem Ablauf von 6,4 Sekunden nach der Bestimmung des Benetzens des Sensorelementes 2 wiederhergestellt werden. Jedes Mal, wenn das Sensorelement als befeuchtet bestimmt worden ist, wird 6,4 Sekunden lang verhindert, dass die Heizeinrichtung 4 mit elektrischem Strom beliefert wird.

Gemäß dem vorstehend erwähnten ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann das Benetzen des Sensorelementes auf der Grundlage einer plötzlichen Abnahme der Temperatur des Sensorelementes bestimmt werden. Daher ist es durch ein Aufgreifen einer Maßnahme gegenüber dem Bilden von Rissen in dem Element nach dem Bestimmen des Benetzens des Sensors oder Speichern eines Ergebnisses des Bestimmens bei dem Benetzen des Sensorelementes, möglich, zu überprüfen, ob der Sensor befeuchtet ist oder nicht, und Maßnahmen zu ergreifen, die ein Entstehen von Rissen bei dem Element verhindern. Somit trägt das erste Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu der Spezifizierung einer Ursache des Bildens von Rissen bei dem Element bei.

Außerdem kann, da die Temperatur des Sensorelementes auf der Grundlage der Elementimpedanz erfasst wird, auf einen Temperatursensor für ein Erfassen einer Temperatur des Sensorelementes verzichtet werden.

Da des Weiteren bei der Heizeinrichtung verhindert wird, dass sie mit elektrischem Strom beim Erfassen des Benetzens des Sensorelementes beliefert wird, ist es möglich, zu verhindern, dass das Element des Luft-Kraftstoff-Verhältniss-Sensors aufgrund eines Thermoschocks rissig wird, wobei der Thermoschock von dem Benetzen des Sensorelementes herrührt.

Selbst wenn der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor außerordentlich einem Benetzen unterworfen ist und in einer Abgasleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet ist, bei der das Auftreten eines Benetzens von Außen nicht ersichtlich ist, ist es möglich, ein Benetzen des Sensorelementes mit Leichtigkeit zu erfassen und mit Leichtigkeit zu verhindern, dass aufgrund des Benetzens Risse an dem Element auftreten.

Nachstehend wird ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Fig. 9 bis 11 beschrieben. Die gleichen Bauteile wie bei dem vorstehenden ersten Ausführungsbeispiel sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht erneut beschrieben.

Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel hat eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ebenfalls den in Fig. 1 gezeigten Aufbau. Das zweite Ausführungsbeispiel wendet den in Fig. 2 gezeigten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der Becherart an. Jedoch kann der in Fig. 3 gezeigte Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor der Schichtart ebenfalls bei dem zweiten Ausführungsbeispiel angewendet werden.

Fig. 9 zeigt eine Aufbauansicht von einem Verbrennungsmotor, bei dem die in Fig. 1 gezeigte Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung eingebaut ist. Wie dies gezeigt ist, ist in einem Einlassdurchtritt 51 eines Verbrennungsmotors (der nachstehend einfach als Motor bezeichnet ist) 50 ein Drosselventil 53 stromabwärtig von einer Luftreini-

gungseinrichtung 52 angeordnet. Ein Drosselmotor 54, der ein Betätigungsglied für ein Antreiben des Drosselventils 53 ist, ist an einem Ende einer Welle des Drosselventils 53 vorgesehen. Ein Drosselöffnungsgradsensor 55 für ein Erfassen eines Öffnungsgrades des Drosselventils 53 ist an dem anderen Ende der Welle des Drosselventils 53 vorgesehen, d. h. das Drosselventil 53 des zweiten Ausführungsbeispiels ist eine Elektroniksteuerdrossel (die nachstehend einfach als elektronische Drossel bezeichnet ist), die durch den Drosselmotor 54 angetrieben wird, um geöffnet und geschlossen zu werden. Bei der elektronischen Drossel bewirkt beim Eingeben eines Befehlswertes für den Öffnungsgrad des Drosselventils 53 der Drosselmotor 54, dass sich das Drosselventil 53 auf einen dem Befehlswert entsprechenden Öffnungsgrad öffnet.

Ein Einlasslufttemperatursensor 56 ist zwischen dem Drosselventil 53 in dem Einlassdurchtritt 51 und der Luftreinigungseinrichtung 52 angeordnet, und ein Ausgleichsbehälter 57 ist stromabwärtig von dem Drosselventil 53 angeordnet. Darüber hinaus ist ein Kraftstoffeinspritzventil 58, das mit Druck beaufschlagten Kraftstoff von einem Kraftstoffiefersystem zu einer Einlassöffnung für jeden Zylinder liefert, stromabwärtig von dem Ausgleichsbehälter 57 vorgesehen. Die Abgabesignale von dem Drosselöffnungsmaßsensor 55 und des Einlasslufttemperatursensors 56 werden in einer ECU (Motorsteuereinheit) 100 eingegeben, in der ein Mikrocomputer eingebaut ist.

Katalytische Wandler 62 und 63 der Drei-Wege-Art für ein gleichzeitiges Reinigen von drei schädlichen Substanzen, die in dem Abgas enthalten sind, d. h. IIC, CO und  $\text{NO}_x$ , sind in einer Abgasleitung 61 vorgesehen. Der katalytische Wandler 62 der Drei-Wege-Art ist ein elektrisch beheizter Katalysator (EHC), der in einem frühzeitigen Zustand durch ein elektrisches Erwärmen aktiviert werden kann. Der katalytische Wandler 63 der Drei-Wege-Art ist ein Hauptkatalysator, der durch die Temperatur des Abgases aktiviert wird. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 ist stromaufwärtig von dem EHC 62 in der Abgasleitung 61 vorgesehen. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 erzeugt ein elektrisches Signal entsprechend einer Konzentration an Sauerstoff in dem Abgas. Ein Abgastemperatursensor 64 ist in der Nähe der stromabwärtigen Seite von dem Hauptkatalysator 63 in der Abgasleitung 61 vorgesehen. Die Ausgabesignale von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 und dem Abgastemperatursensor werden in die ECU 100 eingegeben.

Darüber hinaus werden folgende Signale in die ECU 100 eingegeben: ein Gaspedal-Niederdruckbetragsignal (ein Gaspedal-Öffnungsgradsignal) von einem Gaspedal-Öffnungsgradsensor (Gaspedalsensor) 65, der an einem (nicht gezeigten) Gaspedal angebracht ist, um einen Niederdruckbetrag des Gaspedals zu erfassen, ein Schaltpositionssignal (für eine ausgeschaltete Position, eine eingeschaltete Position und eine Startposition) von einem Zündschalter 66, der mit einem positiven Anschluss der Batterie 5 verbunden ist, und ein Impulssignal, das von einem Drehzahlsensor 67 ausgegeben wird, der eine Drehzahl eines (nicht gezeigten) Zahnkranzes eines Motors 50 erfasst, um eine Motordrehzahl NE zu erfassen.

Die elektrische Steuerung der Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend beschrieben. Um zu verhindern, dass an dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors Risse zu dem Zeitpunkt des Kaltstarts des Motors auftreten, wie dies unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschrieben ist, wird gemäß der vorliegenden Erfindung das Anhaften von Wasser an der Wandoberfläche der Abgasleitung erfasst, und eine Elektro-



leitersteuerung der Heizeinrichtung 4 wird so ausgeführt, dass verhindert wird, dass zu der Heizeinrichtung 4 elektrische Energie geliefert wird.

Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels einer Heizeinrichtungssteueroutine. Wenn bei dem in Fig. 10 gezeigten Flussdiagramm das Ergebnis bei Schritt 403 des in Fig. 4 gezeigten Flussdiagramms NEIN ist, wird ein Ablauf der Schritte 705 und 706 von Fig. 10 ausgeführt. Ein Ablauf der vorliegenden Routine und der in den Fig. 11 bis 13 gezeigten Flussdiagramme wird bei Abständen einer vorbestimmten Zeitspanne von beispielsweise 64 ms ausgeführt. Zunächst wird bei Schritt 401 bestimmt, ob ein Zündschalter (IGSW) 46 eingeschaltet ist oder ausgeschaltet ist. Wenn der IGSW 46 eingeschaltet ist, geht der Vorgang zu Schritt 402 weiter. Wenn der IGSW 46 ausgeschaltet ist, wird die vorliegende Routine beendet.

Die Abläufe der Schritte 402 bis 412 werden nachstehend beschrieben. Für eine frühzeitige Aktivierung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 beginnt die Batterie 5 mit dem Liefern von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung 4, und die in Übereinstimmung mit der Laststeuerung oder Zyklussteuerung zum Zeitpunkt des Motorstartens eingestellte elektrische Energie wird zu der Heizeinrichtung 4 geliefert, bis die Temperatur der Heizeinrichtung eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat (Motorstartlaststeuerung). Wenn die Temperatur der Heizeinrichtung die vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie entsprechend der Temperatur der Heizeinrichtung zu der Heizeinrichtung 4 geliefert (Heizeinrichtungs-Obergrenzwiderstand-F/B-Steuerung). Wenn die Temperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat, wird elektrische Energie für ein Aufrechterhalten eines aktivierten Zustandes des Sensorelementes 2 in Übereinstimmung mit der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 zu der Heizeinrichtung 4 geliefert (Elementtemperatur-F/B-Steuerung). Nachstehend werden die Abläufe bei den Schritten 402 bis 412 einzeln beschrieben.

Bei Schritt 402 wird eine Elementgleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 berechnet. Die Impedanz  $Z_{dc}$  wird berechnet, indem ein elektrischer Strom  $I_{neg}$  zum Zeitpunkt des Anlegens einer negativen Spannung  $V_{neg}$  an dem Sensorelement 2 in Übereinstimmung mit einer Formel  $Z_{dc} = V_{neg}/I_{neg}$  erfasst wird. Im Allgemeinen nimmt die Elementgleichstromimpedanz in Übereinstimmung mit einem Anstieg der Temperatur des Elementes ab. Wenn beispielsweise das Sensorelement 2 eine Aktivierungstemperatur von 700°C hat, beträgt die Elementgleichstromimpedanz 30  $\Omega$ .

Es wird bei Schritt 403 bestimmt, ob eine Aktivierungsmarke F1 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 gesetzt worden ist oder nicht. Wenn F1 = 1 der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 404 weiter, bei dem die bei Schritt 404 beschriebene Elementtemperatur-F/B-Steuerung ausgeführt wird. Wenn F1 = 0 der Fall ist, geht der Vorgang zu Schritt 705 weiter.

Bei Schritt 705 wird die Temperatur des Abgasrohres berechnet. Eine Abgasrohrtemperatur-Berechnungsroutine wird nachstehend detailliert unter Bezugnahme auf Fig. 11 beschrieben. Es wird bei Schritt 706 bestimmt, ob die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  gleich einem Grenzwert  $T_{th}$  oder höher als dieser ist oder nicht. Wenn  $T_{EP} \geq T_{th}$  der Fall ist, wird bestimmt, dass an der Innenwandfläche des Abgasrohres anhaftende Wassertropfen verdampft sind, und der Vorgang geht zu Schritt 405 weiter. Durch die Vorgänge der Schritte 405 bis 412 wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 in einem frühzeitigen Zustand erwärmt. Wenn  $T_{EP} < T_{th}$  der Fall ist, wird bestimmt, dass an der Innenwandflä-

che des Abgasrohres anhaftende Wassertropfen vorhanden sind, oder dass es sehr wahrscheinlich ist, dass Wassertropfen an der Innenwandfläche des Abgasrohres haften können. Das heißt, es wird bestimmt, dass eine Beschädigung des Sensorelementes aufgrund einer Befeuchtung möglich ist. Somit wird die vorliegende Routine beendet und es wird verhindert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 in einem frühzeitigen Zustand erwärmt wird.

Bei Schritt 405 wird auf der Grundlage einer Elementgleichstromimpedanz bestimmt, ob das Sensorelement 2 aktiviert worden ist oder nicht. Das heißt, wenn  $Z_{dc} \leq 30 \Omega$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement aktiviert worden ist, und die Aktivierungsmarke F1 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 wird bei Schritt 406 auf 1 gesetzt. Danach wird bei Schritt 404 die Elementtemperatur-F/B-Steuerung ausgeführt. Wenn  $Z_{dc} > 30 \Omega$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement 2 nicht aktiviert worden ist, und der Vorgang geht zu Schritt 407 weiter, bei dem die Heizeinrichtungssteuerung für ein Aktivieren des Sensorelementes 2 ausgeführt wird. Die Marke F1 wird durch ein Signal in der Form eines Einzelimpulses gelöscht, wenn der Zündschalter IGSW 66 aus dem ausgeschalteten Zustand eingeschaltet wird.

Bei Schritt 407 werden eine an der Heizeinrichtung 4 angelegte elektrische Spannung  $V_n$  und eine durch die Heizeinrichtung 4 fließende elektrische Stromstärke  $I_n$  erfasst.

Bei Schritt 408 wird ein Widerstand  $R_h$  der Heizeinrichtung 4 in Übereinstimmung mit der folgenden Formel berechnet:  $R_h = V_n/I_n$ .

Es wird bei Schritt 409 bestimmt, ob die Temperatur der Heizeinrichtung unterhalb einer Heizeinrichtungs-Obergrenzttemperatur wie beispielsweise 1020°C ist oder nicht, die um eine vorbestimmte Temperatur niedriger als eine Wärmewiderstands-Grenzwerttemperatur wie beispielsweise 1200°C ist. Wenn das Ergebnis bei Schritt 409 eine Bestätigung (JA) ist, geht der Vorgang zu Schritt 410 weiter, bei dem eine Laststeuerung für ein Zuführen der maximalen elektrischen Energie zu der Heizeinrichtung 4 ausgeführt wird. Wenn das Ergebnis bei Schritt 409 NEIN ist, geht der Vorgang zu Schritt 411 weiter, bei dem eine Steuerung für ein Halten der Temperatur der Heizeinrichtung 4 bei der Heizeinrichtungs-Obergrenzttemperatur von 1020°C ausgeführt wird. Der Vorgang bei Schritt 412 und bei Schritt 413 ist der gleiche wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel und wird somit nicht beschrieben.

Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm von einer Abgasrohrtemperatur-Berechnungsroutine. Bei Schritt 701 wird eine Außenlufttemperatur  $T_{OA}$  gelesen, die durch den Einlasslufttemperatursensor 56 erfasst wird. Bei Schritt 702 wird eine Abgastemperatur  $T_{EA2}$  exakt unterhalb des Hauptkatalysators 63 gelesen, die durch den Abgastemperatursensor 64 erfasst wird. Bei Schritt 703 wird eine Abgastemperatur  $T_{EA1}$  in der Nähe des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 aus der Außenlufttemperatur  $T_{OA}$  und der Abgastemperatur  $T_{EA2}$  in der nachstehend erörterten Art und Weise abgeschätzt.

Eine Abnahme  $T_D$  der Abgastemperatur von der Umgebung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 bis zu der Umgebung des Abgastemperatursensors 64 wird aus der Außenlufttemperatur  $T_{OA}$  und einer Wärmeübertragungsrate  $k_1$  des Abgasrohres geschätzt. Die Abgastemperatur  $T_{EA1}$  wird erhalten, indem die Abnahme  $T_D$  der Abgastemperatur zu der Abgastemperatur  $T_{EA2}$  addiert wird. Daher ergibt sich die folgende Formel:

$$T_{EA1} = T_{EA2} + T_D \quad (1)$$

Bei Schritt 704 wird die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  um den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 aus der Abgastem-

peratur  $T_{EA1}$  in der Nähe des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1, die bei Schritt 703 berechnet worden ist, und einer Wärmeübertragungsrate  $k_2$  des Abgasrohres in Bezug auf die Luft berechnet.

Die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  kann ebenfalls folgendermaßen berechnet werden. Zunächst wird die Abgastemperatur  $T_{EA1}$  in der Nähe des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 aus einer zweidimensionalen Zuordnung der Motordrehzahl NE, die durch den Drehzahlsensor 67 erfasst wird, und einer Einlassluftmenge GA, die durch eine (nicht gezeigte) Luftstrommesseinrichtung erfasst wird, berechnet. Diese zweidimensionale Zuordnung beruht auf Versuchsergebnissen. Je höher die Motordrehzahl NE wird, desto höher wird die Abgastemperatur  $T_{EA1}$ . Die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  wird aus der somit berechneten Abgastemperatur  $T_{EA1}$  und der Außenlufttemperatur  $T_{OA}$ , die durch den Einlasslufttemperatursensor 56 erfasst wird, gemäß der folgenden Formel berechnet:

$$T_{EP} = \alpha(T_{EA1} - T_{OA})$$

Bei dieser Formel ist  $\alpha$  eine Konstante.

Bei der Vorerwärmungssteuerung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors wird, bevor der Motor durch den Zündschalter gestartet wird und nachdem der Fahrer die Tür an der Seite des Fahrersitzes geöffnet hat und auf dem Sitz sitzt, die Aktivierung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 unmittelbar nach dem durch den Fahrer erfolgenden Schließen der Tür gestartet. Ein Beispiel, bei dem die Vorerwärmungssteuerung auf einen Motor angewendet wird, der nicht mit einer elektronischen Drossel ausgerüstet ist, wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 12 beschrieben. Ein Beispiel, bei dem die Vorerwärmungssteuerung auf einen Motor angewendet wird, der mit einer elektronischen Drossel ausgerüstet ist, wird unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben.

Fig. 12 zeigt ein Flussdiagramm einer Vorerwärmungssteueroutine des  $\lambda$ -Sensors. Zunächst wird bei Schritt 901 bestimmt, ob der Fahrer auf dem Fahrersitz nach dem Einschalten eines (nicht gezeigten) Innenschalters, d. h. eines Türschalters an der Seite des Fahrersitzes, sitzt oder nicht. Wenn das Ergebnis bei Schritt 901 JA ist, geht der Vorgang zu Schritt 902 weiter. Wenn das Ergebnis bei Schritt 901 NEIN ist, wird die vorliegende Routine beendet. Es wird bei Schritt 902 bestimmt, ob eine elektrische Spannung  $V_B$  der Batterie 5 einem Wert von 10 V gleich ist oder höher als dieser ist, oder ob dies nicht der Fall ist. Falls  $V_B \geq 10$  V ist, geht der Vorgang zu Schritt 903 weiter. Falls  $V_B < 10$  V ist, wird die vorliegende Routine beendet.

Es wird bei Schritt 903 bestimmt, ob die Abgastemperatur  $T_{EP}$ , die durch die in Fig. 11 gezeigte Abgastemperatur-Berechnungsroutine berechnet wird, einen Taupunkt von 60°C überschritten hat oder nicht. Falls  $T_{EP} \leq 60^\circ\text{C}$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement aufgrund eines Benetzens durch das Verdampfen von an der Innenwandfläche des Abgasrohres haftendem Wasser beschädigt werden kann. Somit geht der Vorgang zu Schritt 904 weiter, bei dem eine Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das erste Element zum Halten der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei ungefähr 350°C ausgeführt wird. Wenn  $T_{EP} > 60^\circ\text{C}$  ist, wird bestimmt, dass das an der Innenwandfläche des Abgasrohres haftende Wasser verdampft ist und es somit unwahrscheinlich ist, dass das Sensorelement aufgrund eines Benetzens beschädigt wird. Somit geht der Vorgang zu Schritt 905 weiter, bei dem eine Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das zweite Element zum Halten der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei unge-

fähr 700°C ausgeführt wird. Während der Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das erste Element wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 für die Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung als ein  $\text{O}_2$ -Sensor der  $\lambda$ -Art verwendet.

Während der Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das zweite Element wird der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 für einen breiten Bereich einer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung als ein Sauerstoffkonzentrations-Erfassungselement der Grenzstromart verwendet. Bei der Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das erste und auf das zweite Element wird eine Elementgleichstromimpedanz  $Z_{dc}$  berechnet, und die gleiche Steuerung wie bei Schritt 404 aus Fig. 10 wird ausgeführt.

Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm einer Vorerwärmungssteueroutine des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei dem Motor, der mit der elektronischen Drossel ausgerüstet ist. Zunächst wird bei Schritt 1001 bestimmt, ob der Fahrer auf dem Fahrersitz nach dem Einschalten eines (nicht gezeigten) Innenschalters, d. h. eines Türschalters an der Seite des Fahrersitzes, sitzt oder nicht. Wenn das Ergebnis bei Schritt 1001 JA ist, geht der Vorgang zu Schritt 1002 weiter. Wenn das Ergebnis bei Schritt 1001 NEIN ist, wird die vorliegende Routine beendet. Es wird bei Schritt 1002 bestimmt, ob eine elektrische Spannung  $V_B$  der Batterie 5 einem Wert von 10 V gleich ist oder höher als dieser ist, oder dies nicht der Fall ist. Falls  $V_B \geq 10$  V ist, geht der Vorgang zu Schritt 1003 weiter. Falls  $V_B < 10$  V ist, wird die vorliegende Routine beendet.

Es wird bei Schritt 1003 bestimmt, ob die Abgastemperatur  $T_{EP}$ , die durch ein Ausführen der in Fig. 11 gezeigten Abgastemperatur-Berechnungsroutine berechnet wird, einen Taupunkt von 60°C überschritten hat oder nicht. Wenn  $T_{EP} \leq 60^\circ\text{C}$  ist, wird bestimmt, dass das Sensorelement aufgrund eines Benetzens durch das Verdampfen von an der Innenwandfläche des Abgasrohres anhaftendem Wasser beschädigt werden kann. Somit geht der Vorgang zu den Schritten 1004 bis 1006 weiter. Bei Schritt 1004 wird eine Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das erste Element zum Halten der Elementtemperatur des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei ungefähr 380°C ausgeführt. Wenn  $T_{EP} > 60^\circ\text{C}$  ist, wird bestimmt, dass das an der Innenwandfläche des Abgasrohres anhaftende Wasser verdampft ist und dass das Sensorelement wahrscheinlich nicht aufgrund des Benetzens beschädigt wird. Somit geht der Vorgang zu Schritt 1007 weiter, bei dem eine Temperatur-F/B-Steuerung in Bezug auf das zweite Element für ein Halten der Temperatur des Elementes des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors bei ungefähr 700°C ausgeführt wird.

Bei Schritt 1005 wird ein Schutzwert  $\theta_{max}$  für einen Öffnungsgrad des Drosselventils in Übereinstimmung mit der Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  auf der Grundlage einer in Fig. 14 gezeigten Zuordnung eingestellt. Danach wird bei Schritt 1006 eine Fahrzeuggeschwindigkeit (auf die nachstehend als Gangwechselfahrzeuggeschwindigkeit Bezug genommen wird) zum Zeitpunkt eines Schaltvorgangs des Automatikgetriebes von dem ersten Gang in den zweiten Gang, von dem zweiten Gang in den dritten Gang oder von dem dritten Gang in den vierten Gang, was durch ein ECT (elektronisch gesteuertes Getriebe) durch ein Automatikgetriebe ausgeführt wird, in Übereinstimmung mit der Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  auf der Grundlage einer in Fig. 15 gezeigten Zuordnung korrigiert.

Ein Beispiel eines Steuerprogramms für die Gangwechselverhältnisse des Automatikgetriebes wird nachstehend kurz beschrieben. Das Fahrzeug wird durch eine Zunahme des Öffnungsgrades des Drosselventils von 0° auf 50° beschleunigt. Sobald die Fahrzeuggeschwindigkeit 50 km/h erreicht hat, wird der Öffnungsgrad des Drosselventils auf

10° verringert, und das Fahrzeug geht in den Normalfahrzustand über. Wenn während der Beschleunigung der Öffnungsgrad des Drosselventils um 10° während des Gangwechsels von dem ersten Gang in den zweiten Gang verringert wird, wird der Gangwechsel von dem zweiten Gang in den dritten Gang ausgeführt. Darüber hinaus nimmt die Motordrehzahl mit dem Zeitablauf während der Beschleunigung des Fahrzeugs zu, jedoch fällt sie während des Gangwechselvorgangs ab. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Gangwechsels von dem ersten Gang in den zweiten Gang verringert wird, dauert es länger, bis die Fahrzeuggeschwindigkeit 50 km/h erreicht und das Beschleunigungsverhalten verschlechtert sich. Jedoch wird bei der Beschleunigungszeitspanne von 0 km/h bis 50 km/h der Kraftstoffverbrauch verbessert.

Fig. 14 zeigt eine zweidimensionale Zuordnung der Abgastemperatur gegenüber dem Drosselöffnungsgradschutzwert. Wie dies gezeigt ist, gibt die Abszissenachse die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  (in °C) wieder, und die Ordinatenachse gibt den Schutzwert  $\theta_{max}$  (in °) für den Öffnungsgrad des Drosselventils wieder. Bis die Temperatur des Abgasrohres 60°C erreicht hat, wird bestimmt, dass das Sensorelement aufgrund eines Benetzens beschädigt werden kann. Somit wird, um die Strömungsrate des Abgases zu verringern, der Schutzwert  $\theta_{max}$  für den Öffnungsgrad des Drosselventils auf einen kleineren Wert als gewöhnlich beispielsweise auf 30° bis 90° eingestellt. Die Menge an Einlassluft des Motors wird verringert und die Motordrehzahl wird geringer als gewöhnlich gestaltet, so dass die Strömungsrate des Abgases verringert wird. Indem die Strömungsrate des Abgases verringert wird, wird verhindert, dass an der Innenwand des Abgasrohres anhaftende Wassertropfen spritzen, wodurch verhindert wird, dass das Sensorelement befeuchtet wird.

Wenn andererseits die Temperatur des Abgasrohres 60°C oder höher wird, wird bestimmt, dass die an der Innenwand des Abgasrohres anhaftenden Wassertropfen verdampft sind. Somit wird der Schutzwert  $\theta_{max}$  für den Öffnungsgrad des Drosselventils auf den üblichen Wert von 90° gesetzt, wodurch die Steuerung zum Verringern einer Strömungsrate des Abgases angehalten ist.

Fig. 15 zeigt eine zweidimensionale Zuordnung der Abgasrohrtemperatur gegenüber einem Gangwechsel-Fahrzeuggeschwindigkeits-Korrekturfaktor. Unter Bezugnahme auf Fig. 15 zeigt die Abszissenachse die Abgasrohrtemperatur  $T_{EP}$  (in °C) und die Ordinatenachse zeigt den Gangwechsel-Fahrzeuggeschwindigkeits-Korrekturfaktor  $k$ . Bis die Temperatur des Abgasrohres 60°C erreicht, wird bestimmt, dass das Sensorelement aufgrund des Benetzens beschädigt werden kann. Somit wird der Gangwechsel-Fahrzeuggeschwindigkeits-Korrekturfaktor  $k$  auf einen Wert von 0,8–1,0 gesetzt, und die Motordrehzahl wird niedriger als gewöhnlich gestaltet, wodurch die Strömungsrate des Abgases verringert wird. Indem die Strömungsrate des Abgases verringert wird, wird verhindert, dass an der Innenwand des Abgasrohres anhaftende Wassertropfen spritzen, wodurch verhindert wird, dass das Sensorelement befeuchtet wird.

Wenn andererseits die Temperatur des Abgasrohres 60°C oder höher wird, wird bestimmt, dass die an der Innenwand des Abgasrohres haftenden Wassertropfen verdampft sind. Somit wird der Gangwechsel-Fahrzeuggeschwindigkeits-Korrekturfaktor  $k$  auf 1,0 gesetzt, und die Motordrehzahl wird auf eine normale Geschwindigkeit eingestellt, wodurch die Steuerung für eine Verringerung der Strömungsrate des Abgases angehalten ist.

Der Gangwechsel-Fahrzeuggeschwindigkeits-Korrekturfaktor  $k$  ist ein Faktor für eine Korrektur einer Fahrzeuggeschwindigkeit zum Zeitpunkt eines automatisch ausgeführ-

ten Gangwechselvorgangs von dem ersten Gang in den zweiten Gang, von dem zweiten Gang in den dritten Gang oder von dem dritten Gang in den vierten Gang, der durch das Automatikgetriebe ausgeführt wird. Wenn beispielsweise der Gangwechselvorgang von dem zweiten Gang in den dritten Gang ausgeführt wird, beträgt die Fahrzeuggeschwindigkeit 30 km/h, wenn  $k = 1,0$  ist, und die Fahrzeuggeschwindigkeit beträgt 24 km/h, wenn  $k = 0,8$  ist.

Gemäß dem vorstehend beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird, wenn elektrische Energie der Heizeinrichtung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors während des Vorerwärmens des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors während oder vor dem Kaltstarten des Motors zugeführt wird, die Möglichkeit eines Benetzens des Elementes des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors auf der Grundlage bestimmt, ob Wasser an der Wandfläche des Abgasrohres anhaftet oder nicht. Wenn bestimmt worden ist, dass Wasser an der Wandfläche des Abgasrohres haftet, wird die zu der Heizeinrichtung gelieferte elektrische Energie begrenzt. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass an dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors aufgrund eines von dem Benetzen des Sensorelementes herrührenden Thermoschocks Risse entstehen.

Während die vorliegende Erfindung detailliert unter Bezugnahme auf ihre bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben ist, sollte verständlich sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele und Aufbauarten beschränkt ist. Im Gegensatz dazu soll die vorliegende Erfindung verschiedene Abwandlungen und gleichartige Aufbauarten abdecken. Außerdem fallen, während verschiedene Elemente der offenbarten Erfindung in unterschiedlichen Kombinationen und Aufbauarten gezeigt sind, wobei es sich dabei um Beispiele handelt, andere Kombinationen und Aufbauarten, die mehr oder weniger ein eigenes Ausführungsbeispiel umfassen, ebenfalls in den Umfang der vorliegenden Erfindung.

Die Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung hat den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1, die Heizeinrichtung 4, die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 erwärmt, die Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung 6, 10, die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung 4 derart liefert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 die Aktiviertemperatur erreicht, und die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung 10, die die Temperatur von einem Element 2 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 erfasst. Die Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung 6, 10 erfasst die Abnahmerate der Temperatur des Elementes 2 des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 1 auf der Grundlage der Temperatur, die durch die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung 10 erfasst worden ist, und bestimmt, dass das Sensorelement 2 befeuchtet ist, wenn die erfasste Abnahmerate größer als ein Referenzwert ist. Die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung 10 kann die Sensorelementtemperatur auf der Grundlage der Impedanz des Elementes erfassen. Die Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung 6, 10 kann die Lieferung von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung 4 verhindern, wenn bestimmt worden ist, dass das Sensorelement 2 befeuchtet ist. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 1 kann in einer Abgasleitung eines Motors vorgesehen sein.

#### Patentansprüche

1. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1), einer Heizeinrichtung (4), die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) erwärmt, und einer Heizungseinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10), die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung (4) derart liefert, dass der

Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) eine Aktivierungstemperatur erreicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung (10) eine Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung aufweist, die eine Temperatur von dem Element (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) erfasst, und wobei die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) eine Rate der Abnahme der Temperatur von dem Element des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) auf der Grundlage der Temperatur des Elementes, die durch die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung (10) erfasst wird, erfasst und die Lieferung an elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4) so steuert, dass ein Thermoschock des Elementes (2) gedämpft wird, wenn die Rate der Abnahme der Temperatur des Elementes größer als ein Referenzwert ist.

2. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elementtemperatur-Erfassungseinrichtung (10) die Temperatur von dem Element (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) auf der Grundlage einer Impedanz des Elementes erfasst.

3. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) verhindert, dass zu der Heizeinrichtung (4) elektrische Energie geliefert wird, um so einen Thermoschock des Elementes (2) zu dämpfen.

4. Kombination eines Verbrennungsmotors mit einer Abgasleitung und einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) in der Abgasleitung des Verbrennungsmotors vorgesehen ist.

5. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1), einer Heizeinrichtung (4), die den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) erwärmt, und einer Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10), die elektrische Energie zu der Heizeinrichtung (4) derart liefert, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) eine Aktivierungstemperatur erreicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) vorhersagt, ob ein Element (2) von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) befeuchtet sein kann, und die Lieferung an elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4) einschränkt, wenn das Benetzen des Elementes (2) vorhergesagt worden ist.

6. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) sich in einer Abgasleitung (61) eines Verbrennungsmotors (50) befindet, und des Weiteren eine Strömungsraten-Steuereinrichtung (33, 35, 100) aufweist, die eine Strömungsrate des Abgases bei dem Verbrennungsmotor verringert, wenn das Benetzen des Elementes (2) von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) vorhergesagt worden ist.

7. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) bestimmt, ob sich Wasser an einer Wandfläche einer Abgasleitung (61) befindet, an der der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) angebracht ist.

8. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) bestimmt, dass das Sensorelement (2) befeuchtet sein kann, wenn

die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) bestimmt, dass sich Wasser an der Wandfläche der Abgasleitung (61) befindet.

9. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie des Weiteren eine Strömungsraten-Steuereinrichtung (33, 35, 100) aufweist, die eine Strömungsrate des Abgases bei dem Verbrennungsmotor verringert, wenn die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung bestimmt, dass sich Wasser an der Wandfläche der Abgasleitung (61) befindet.

10. Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtungs-Steuereinrichtung (6, 10) auf der Grundlage einer Temperatur der Abgasleitung (61) bestimmt, ob Wasser sich an der Wandfläche der Abgasleitung (61) befindet.

11. Kombination aus einem Verbrennungsmotor mit einer Abgasleitung und einer Sauerstoffkonzentrations-Erfassungseinrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) in der Abgasleitung des Verbrennungsmotors angeordnet ist.

12. Verfahren zum Dämpfen eines Thermoschocks an einem Element (2) eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1), der in einer Abgasleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet ist, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Zuführen von elektrischer Energie zu einer Heizeinrichtung (4) derart, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1), der in der Abgasleitung des Verbrennungsmotors angeordnet ist, sich auf eine Aktivierungstemperatur erwärmt,

Erfassen der Temperatur des Elementes (2) von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1),

Erfassen einer Abnahmerate der Temperatur des Elementes (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1), Bestimmen, dass das Element (2) befeuchtet worden ist, wenn die Abnahmerate der Temperatur des Elementes (2) größer als ein Referenzwert ist, und Steuern der Zuführung an elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4), um so einen Thermoschock des Elementes (2) zu dämpfen.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Elementes (2) von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1) auf der Grundlage einer Impedanz des Elementes (2) erfasst wird.

14. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuführen von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4) angehalten wird, wenn bestimmt worden ist, dass das Sensorelement (2) befeuchtet ist.

15. Verfahren zum Dämpfen eines Thermoschocks an einem Element (2) eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1), der in einer Abgasleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet ist, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Liefen von elektrischer Energie zu einer Heizeinrichtung (4) derart, dass der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (1), der in der Abgasleitung des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, auf eine Aktivierungstemperatur erwärmt wird,

Bestimmen, ob ein Element (2) des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors (1) befeuchtet sein kann, und Begrenzen der Zufuhr von elektrischer Energie zu der Heizeinrichtung (4), wenn bestimmt worden ist, dass das Element (2) des Sensors (1) befeuchtet sein kann.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, gekennzeichnet durch Verringern einer Strömungsrate des Abgases bei dem Verbrennungsmotor, wenn bestimmt worden ist, dass das Element (2) des Sensors (1) befeuchtet sein kann. 5
17. Verfahren gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen ein Bestimmen, ob sich Wasser an einer Wandfläche der Abgasleitung befindet, umfasst. 10
18. Verfahren gemäß Anspruch 17, gekennzeichnet durch Verringern einer Strömungsrate des Abgases bei dem Verbrennungsmotor, wenn bestimmt worden ist, dass sich Wasser an der Wandfläche des Abgasrohres befindet. 15
19. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung, ob sich Wasser an einer Wandfläche des Abgasrohres befindet, auf eine Temperatur des Abgasrohres gegründet ist. 20

---

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



FIG. 1

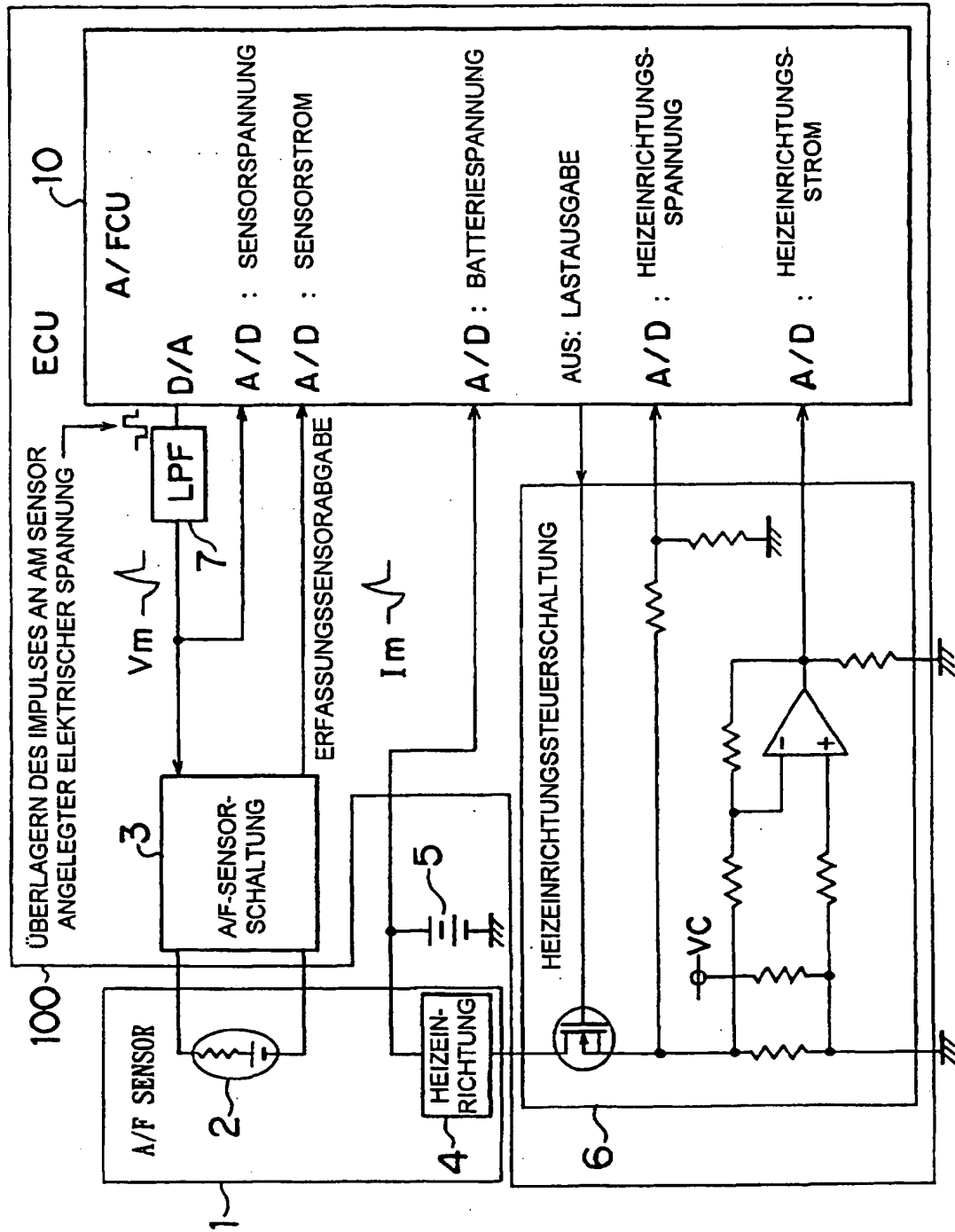


FIG. 2

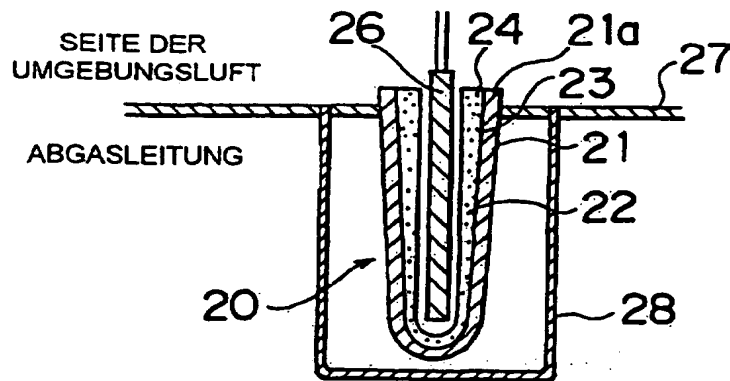


FIG. 3

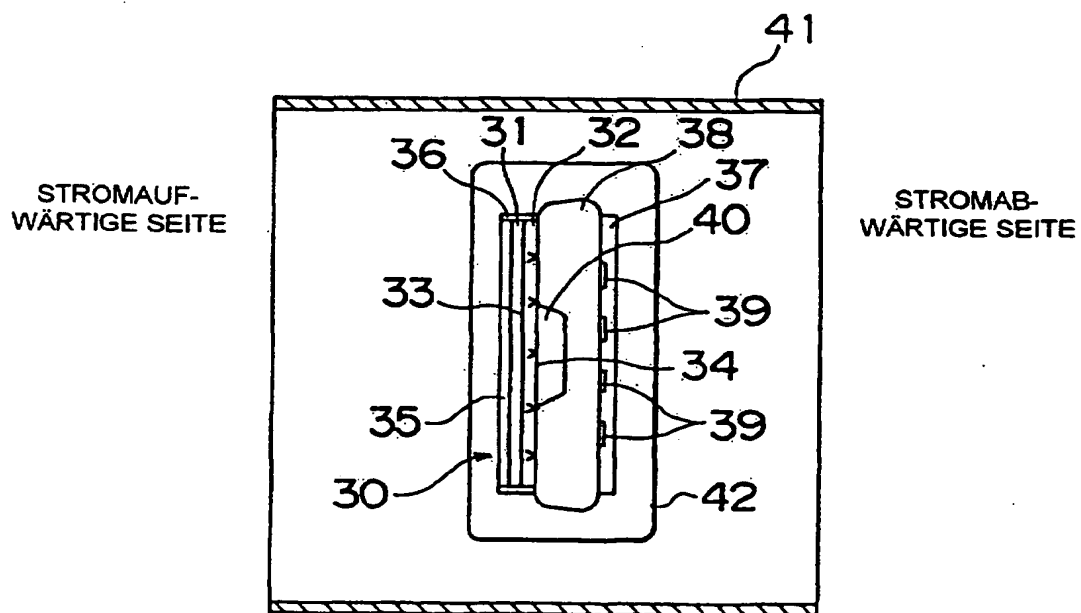


FIG. 4

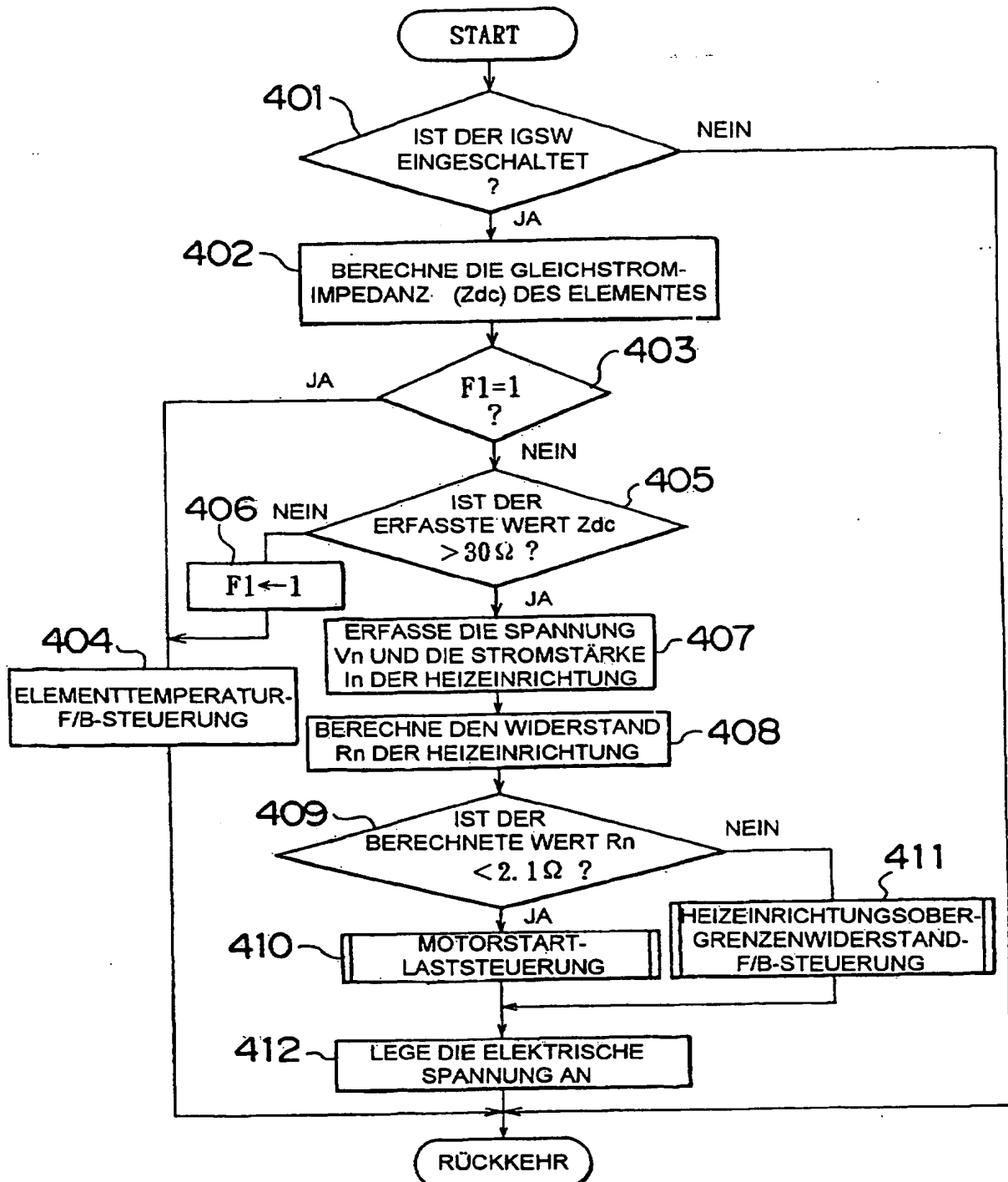
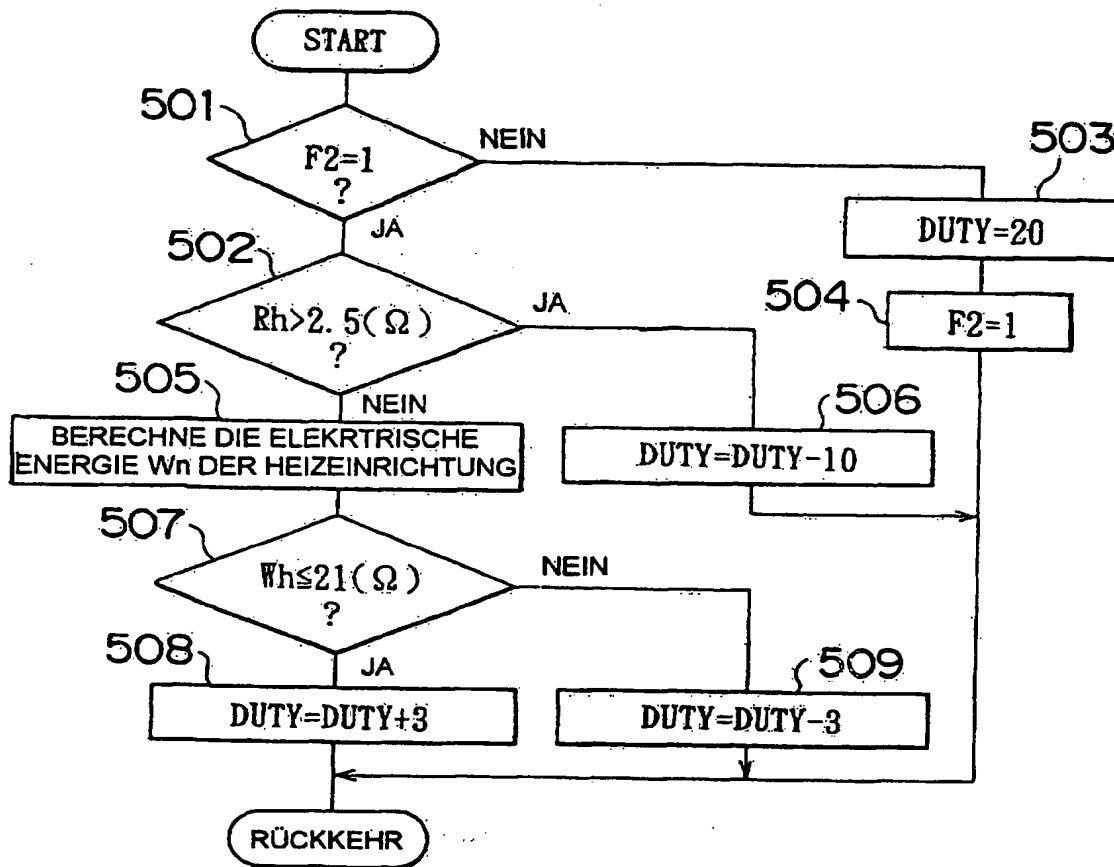


FIG. 5



## FIG. 6

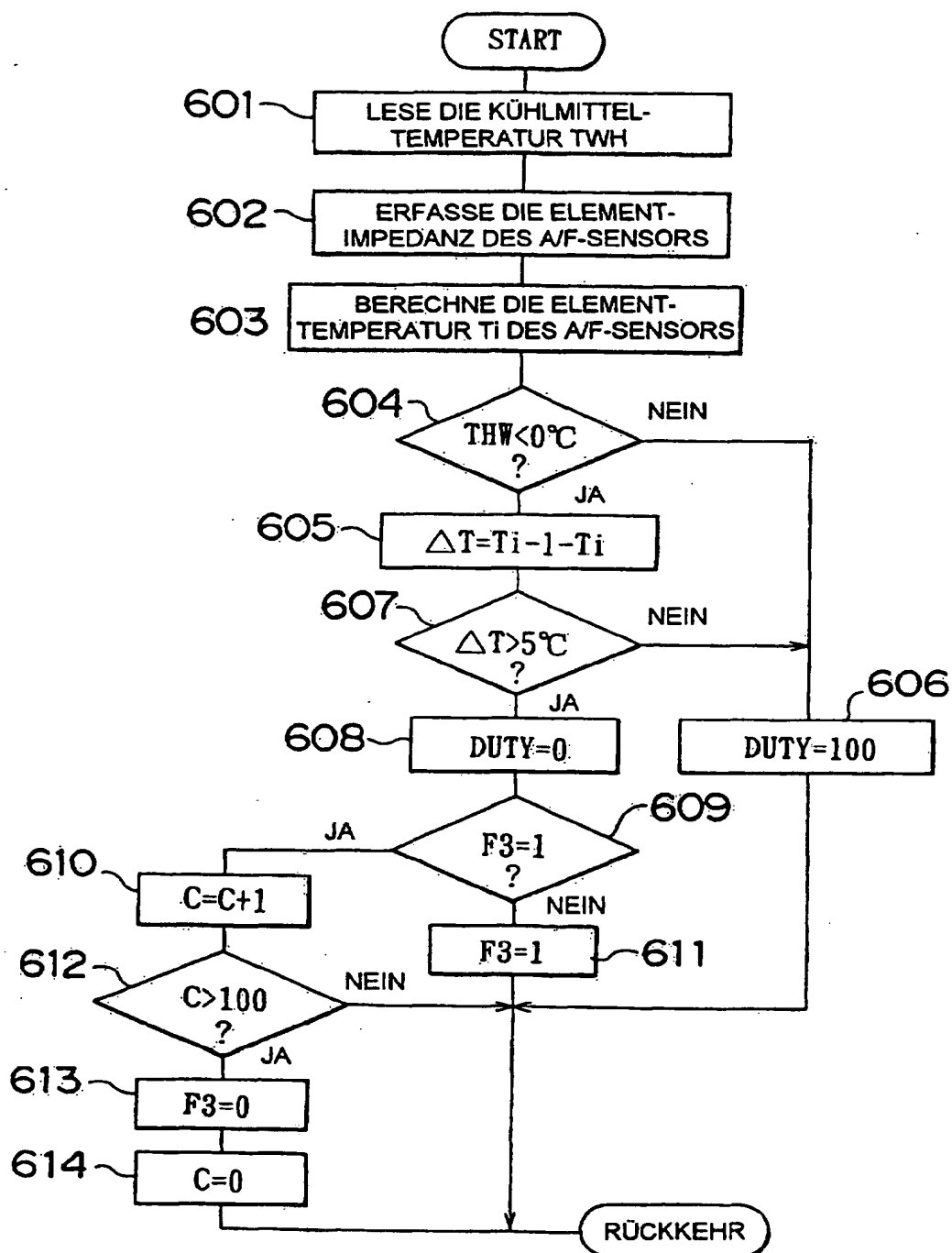


FIG. 7

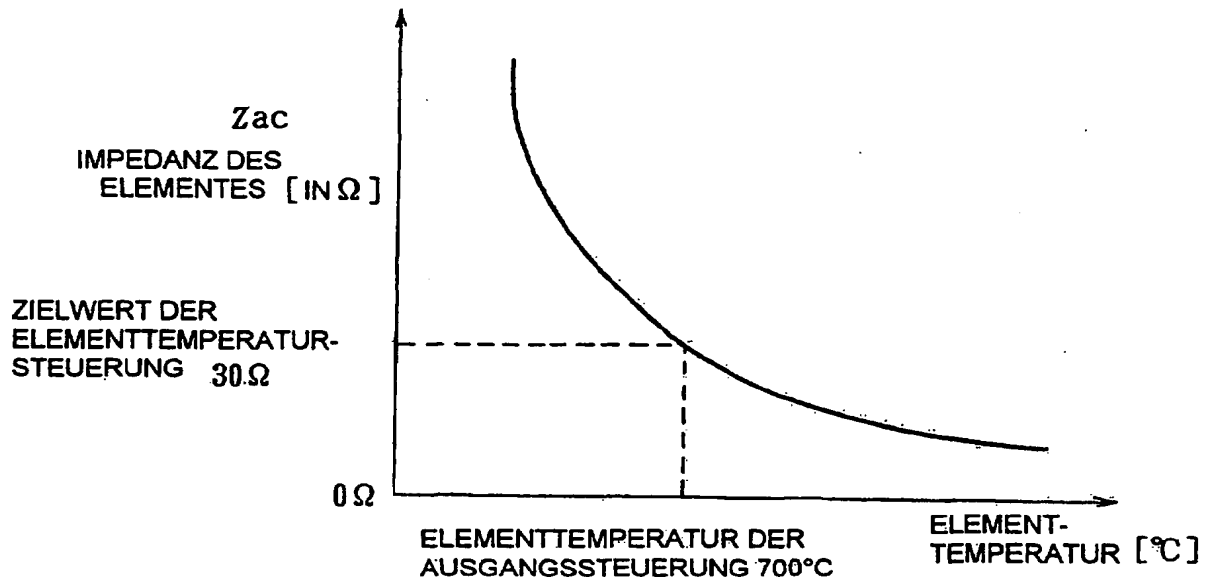


FIG. 8

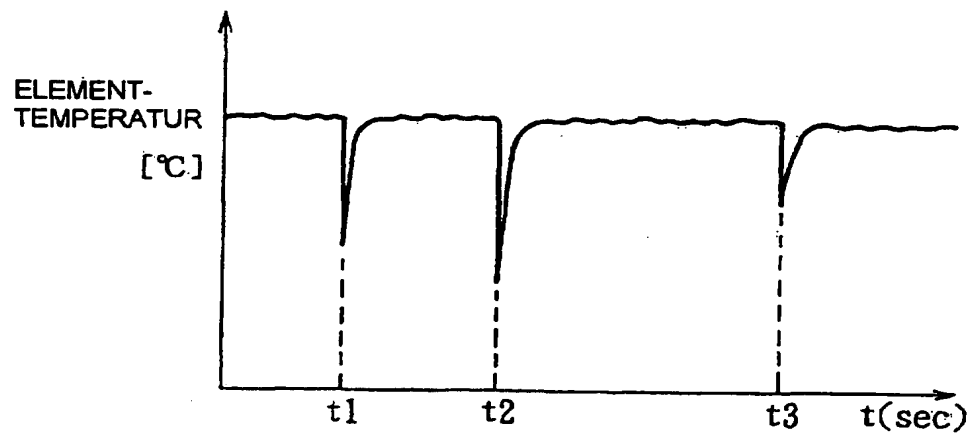




FIG. 9

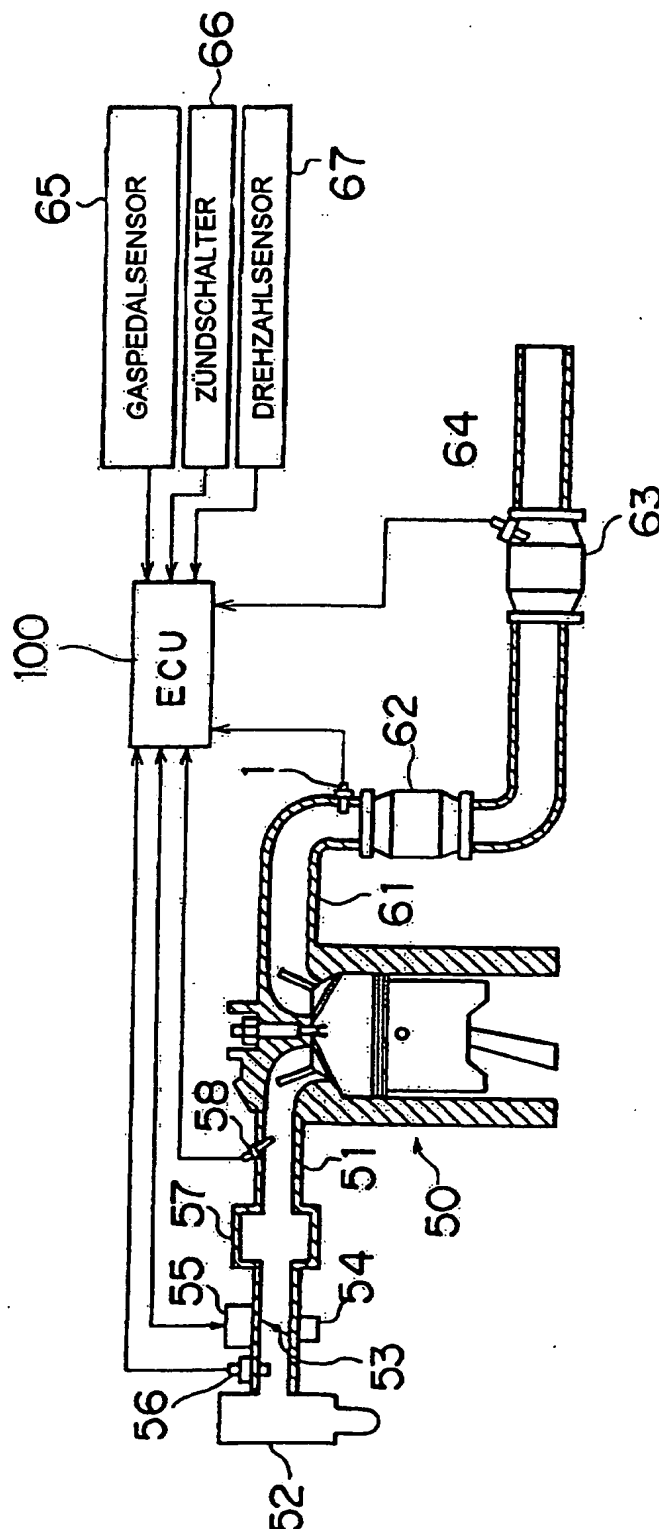
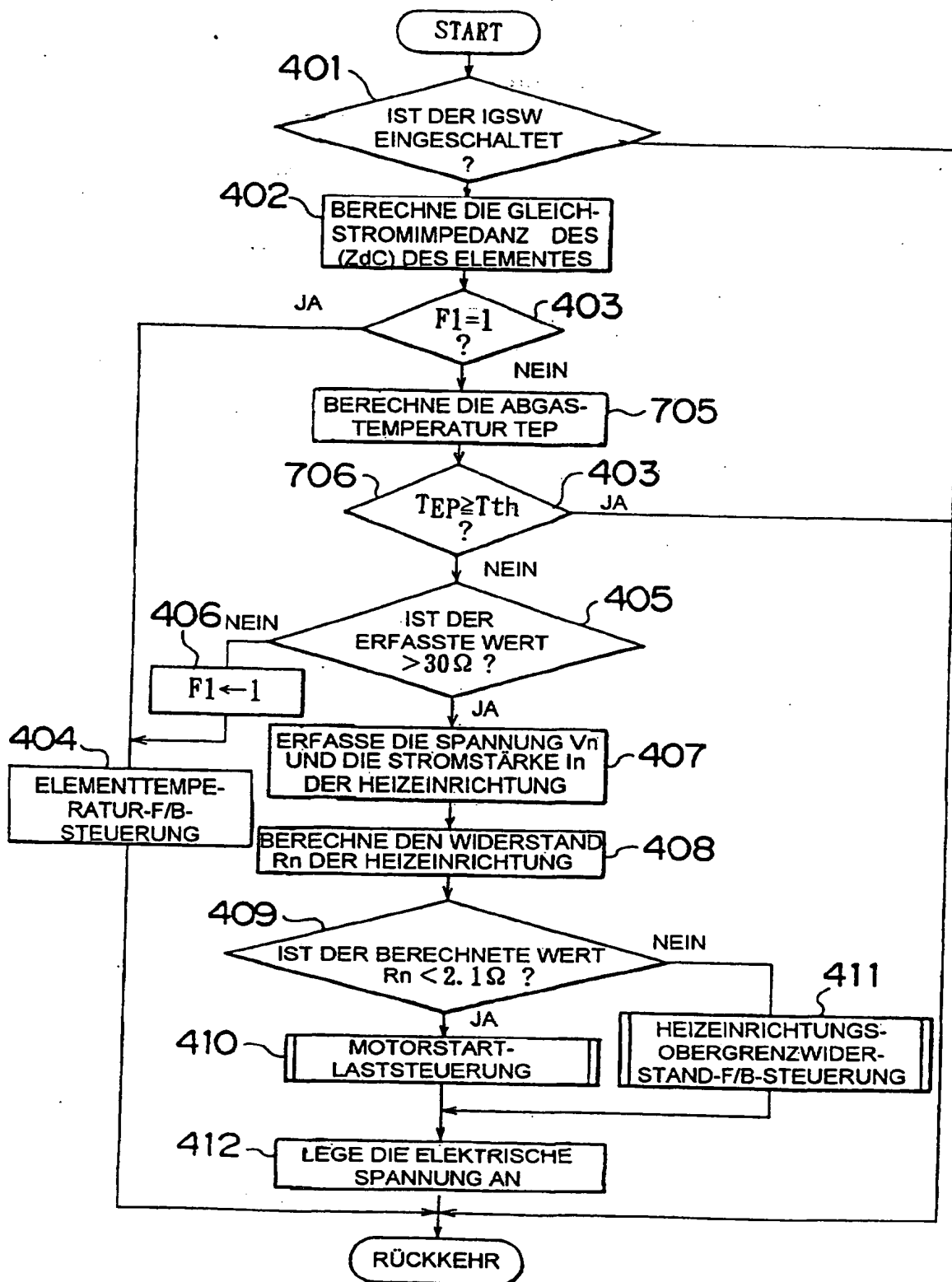


FIG. 10



# FIG. 11

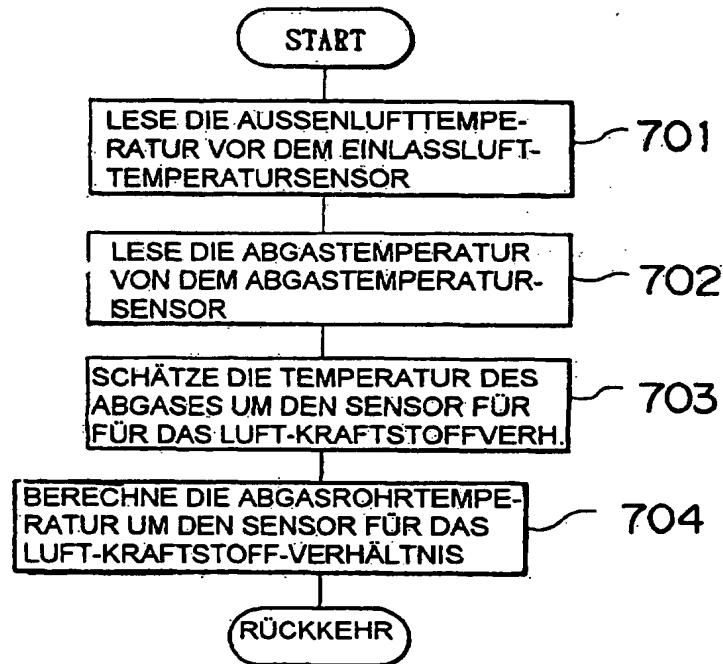


FIG. 12

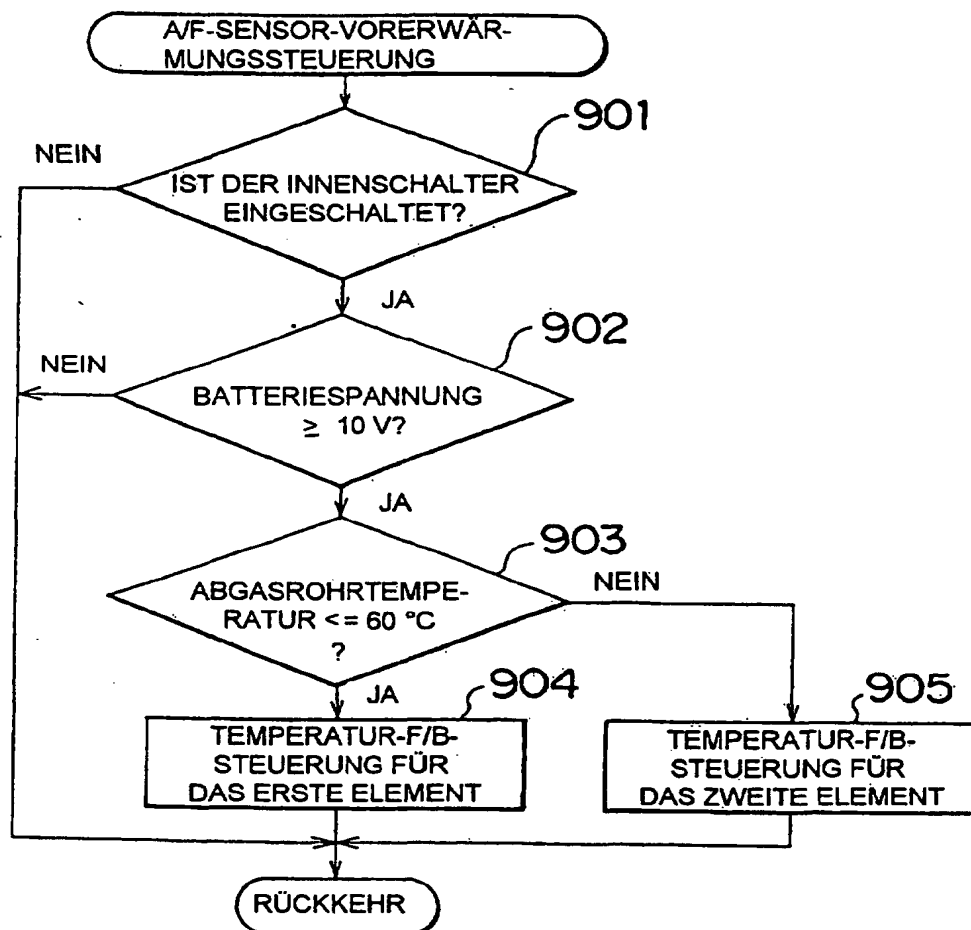


FIG. 13

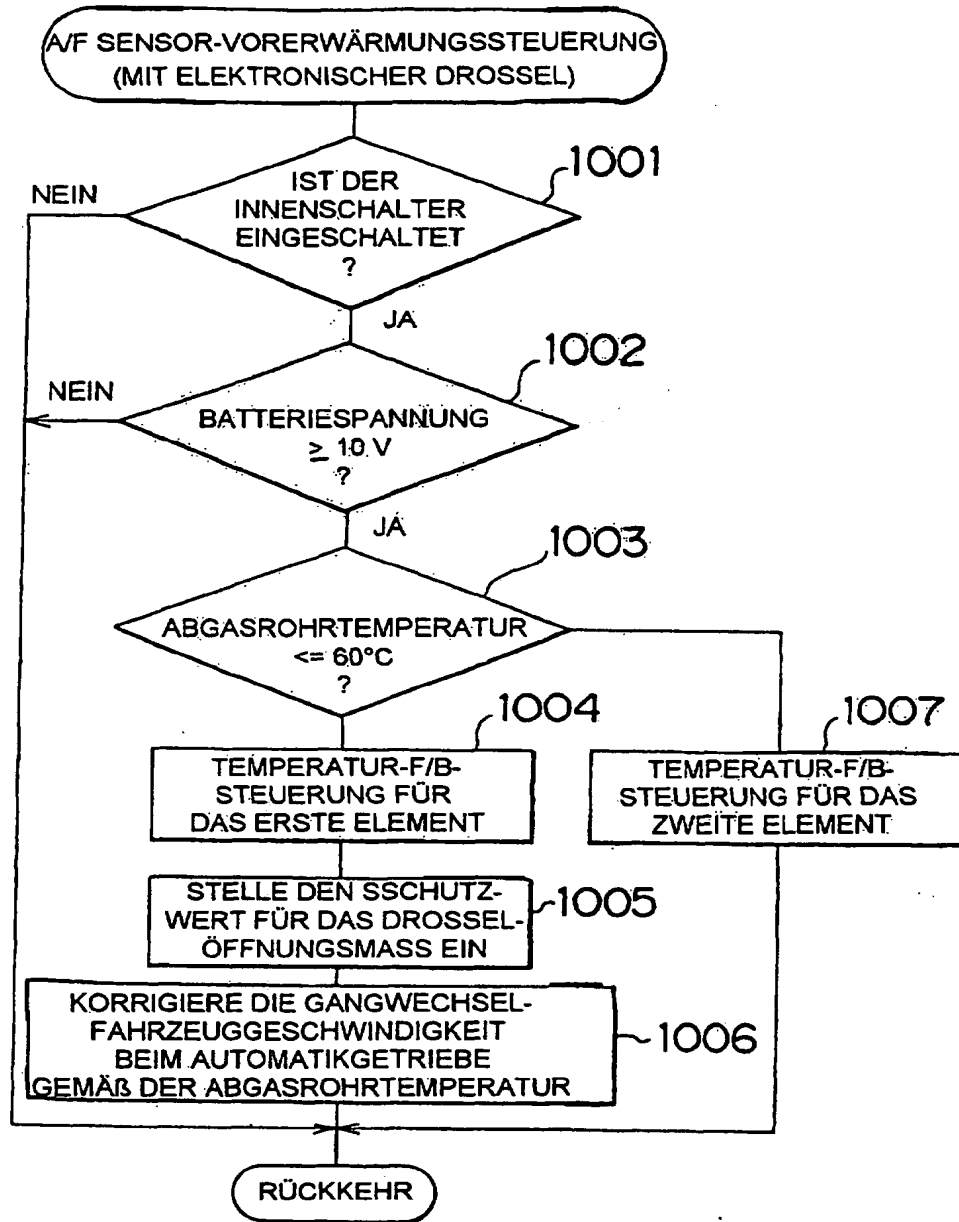


FIG. 14

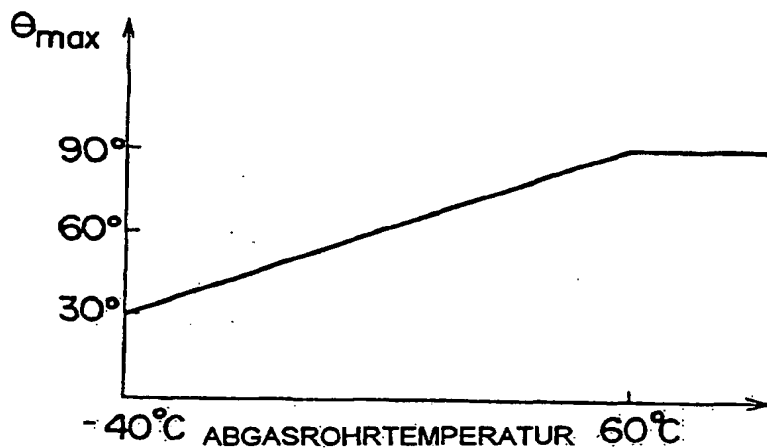


FIG. 15

